

L'AGROFORESTERIE UN OUTIL «CARBONE» POUR LES PCET

METTRE EN PLACE UNE DEMARCHE D'AGROFORESTERIE SUR LE TERRITOIRE D'UN PCET



Cahier Technique



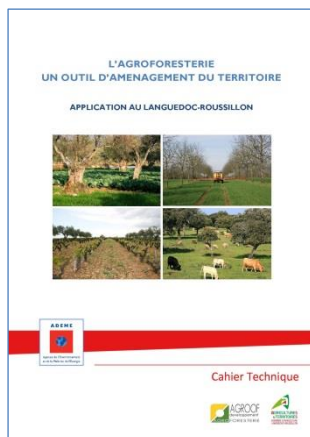
L'AGROFORESTERIE UN OUTIL «CARBONE» POUR LES PCET

METTRE EN PLACE UNE DEMARCHE D'AGROFORESTERIE SUR LE TERRITOIRE D'UN PCET

RESUME	3
QUELQUES ELEMENTS DE CONTEXTE	5
CHANGEMENT CLIMATIQUE, AGRICULTURE ET SYLVICULTURE	5
LES PLANS CLIMAT-ENERGIE TERRITORIAUX	5
L'AGROFORESTERIE	6
DEPLOIEMENT D'UNE AGROFORESTERIE CARBONE	8
ETAPE 1 – MISE EN PLACE D'UNE STRATEGIE DE TERRITOIRE	9
ETAPE 2 – EVALUATION DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE L'AGROFORESTERIE	9
ETAPE 3 – DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE	12
UN PREALABLE INDISPENSABLE : LE DIAGNOSTIC FONCIER	12
DETERMINATION DES CONDITIONS D'ACCEPTABILITE DE L'AGROFORESTERIE SUR UN PCET	12
METHODOLOGIE D'UNE DEMARCHE DE DIAGNOSTIC	14
ELEMENTS STRATEGIQUES POUR DEVELOPPER L'AGROFORESTERIE SUR UN TERRITOIRE	17
RECENSER LES PREMIERS CANDIDATS A UN PROJET AGROFORESTIER	19
ETAPE 4 – MONTAGE ET SUIVI D'UN PROJET AGROFORESTIER	19
PHASE 1 – CONCEPTION DU PROJET	19
PHASE 2 – MISE EN PLACE DU PROJET – LES TRAVAUX	22
PHASE 3 – SUIVI DU PROJET	22
ESTIMATION DU POTENTIEL DE SEQUESTRATION CARBONE SUR LE TERRITOIRE D'UN PCET	24
ANNEXES	27
ANNEXE 1 : COMPLEMENTS METHODOLOGIQUES PERMETTANT LA DETERMINATION D'UN POTENTIEL AGROFORESTIER	27
ANNEXE 2 : ESTIMATION DES QUANTITES DE CARBONE SEQUESTREES EN AGROFORESTERIE	29
ANNEXE 3 : ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE ENERGIE EN AGROFORESTERIE	34
ANNEXE 4 : EXEMPLE D'UN QUESTIONNAIRE D'ENQUETE POUR UN DIAGNOSTIC D'EXPLOITATION	36
ANNEXE 5 : DIAGNOSTIC AGROFORESTIER SUR LE TERRITOIRE DU PCET DU PARC NATUREL REGIONAL DE LA NARBONNAISE EN MEDITERRANEE ET DE L'AGGLOMERATION DU GRAND NARBONNE	39
ANNEXE 6 : EXEMPLE D'UNE GRILLE DE DIAGNOSTIC DE PROJET	42
BIBLIOGRAPHIE	45

3 publications complémentaires pour aborder l'agroforesterie

(Documents téléchargeables sur : www.languedoc-roussillon.ademe.fr)

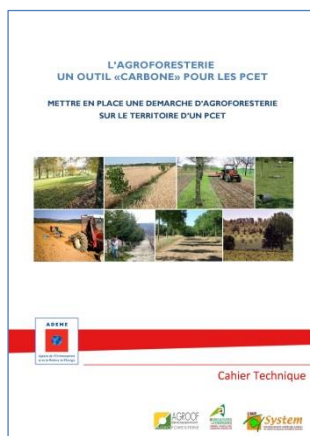


L'agroforesterie : un outil d'aménagement du territoire - Application au Languedoc-Roussillon

S'adressant plus particulièrement à un public généraliste en fonction au sein de collectivités engagées dans des démarches globales de progrès tels les Agenda 21 ou les PCET, ce document introduit l'agroforesterie et en détaille les atouts du point de vue de l'aménagement du territoire, du climat mais aussi de plusieurs compartiments environnementaux majeurs (eau, sols, paysages, biodiversité).

Son application pratique à la région Languedoc-Roussillon est présentée en seconde partie.

Disponible uniquement en version numérique.

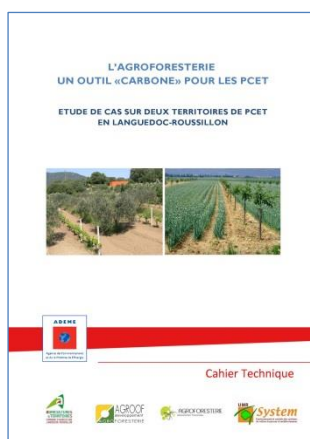


L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET - Mettre en place une démarche d'agroforesterie sur le territoire d'un PCET

Cette publication détaille une méthode opérationnelle de diffusion de l'agroforesterie à l'échelle d'un territoire de PCET et d'évaluation du potentiel « carbone » de cette pratique. Il s'adresse plus particulièrement aux chargés de mission correspondant.

Cette approche de diagnostic agroforestier est déclinée sur le territoire du PCET du parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée et de l'agglomération du Grand Narbonne.

Disponible uniquement en version numérique.



L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET - Etude de cas sur deux territoires de PCET en Languedoc-Roussillon.

Ce dernier fascicule étudie le potentiel « carbone » de l'agroforesterie pour deux PCET du Languedoc-Roussillon. Les enseignements que l'on peut tirer de ces exemples concrets visent un public non spécialiste de la question agroforestière mais impliqué dans l'action publique en matière de lutte contre le changement climatique, voire d'aménagement du territoire.

Ce potentiel de séquestration est confronté avec les objectifs de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre sur ces deux PCET.

RÉSUMÉ

Dans le cadre des politiques publiques mises en place pour lutter contre le changement climatique et atteindre les objectifs fixés par la Communauté Européenne, la loi dite Grenelle 2 a rendu obligatoire avant le 31 décembre 2012, la réalisation d'un plan climat énergie territoire (PCET) pour les 440 plus importantes collectivités territoriales françaises. Ces plans encadrent une démarche de développement durable articulée autour de deux principaux objectifs :

- L'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES),
- L'adaptation des territoires au changement climatique.

Un PCET constitue donc l'ossature de l'engagement d'une collectivité face au changement climatique et met en synergie un ensemble d'actions et de mesures qui prennent en compte tous les secteurs de l'économie et les activités de la vie quotidienne.

Parmi ces actions, la direction régionale Languedoc-Roussillon de l'ADEME a souhaité investiguer le potentiel que l'on pouvait attendre de la diffusion de l'agroforesterie, technique de production agricole où les arbres sont associés aux cultures et aux pâturages.

Ce mode d'exploitation des terres agricoles, autrefois répandu dans toute l'Europe mais abandonné depuis pour cause de mécanisation, fait l'objet d'un regain d'intérêt dans une formule compatible avec l'agriculture moderne, c'est-à-dire mettant en œuvre de faibles densités de peuplement d'arbres (30 à 50 sujets par hectare) complétées parfois par des haies de délimitation (60 à 100 mètres linéaires de haie par hectare).

Différents mécanismes d'interactions aériennes (lumière, ombrage, vent, biodiversité...) et pédologiques (apports de matière organique, biodiversité, cinétiques de minéralisation...) conduisent à une symbiose entre arbre et culture propice, entre autres, au stockage de carbone dans la biomasse et dans le sol. L'arbre devient ainsi un outil de la production agricole.

L'agroforesterie permet donc une limitation des émissions de gaz à effet de serre grâce à son potentiel de séquestration de carbone. Elle impacte également les bilans « carbone » par substitution de combustibles fossiles ou de matériaux de construction, dotés d'une plus forte empreinte environnementale. Enfin et dans un tout autre registre, on en attend des bénéfices du point de vue de l'adaptation très locale aux changements climatiques en cours.

Le potentiel « carbone » de l'agroforesterie reste toutefois encore à affiner. Les références sont peu nombreuses et la multitude de facteurs qui entrent en jeu (essences des arbres, âge des peuplements, conditions pédoclimatiques, modalités d'entretien...) rendent peu aisée l'estimation des quantités de carbone stockées durablement dans les sols.

En vue de rassembler des éléments d'information et de sensibilisation des acteurs des PCET sur les potentialités de l'agroforesterie, une convention d'étude a été passée avec la Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon qui a débouché sur la rédaction de trois publications complémentaires¹ (<http://www.languedoc-roussillon.ademe.fr/>) :

- L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET – Etude de cas sur deux territoires de PCET en Languedoc-Roussillon,
- L'agroforesterie : un outil d'aménagement du territoire – Application au Languedoc-Roussillon,
- L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET – Mettre en place une démarche d'agroforesterie sur le territoire d'un PCET.

Ce dernier fascicule détaille une méthode opérationnelle de diffusion de l'agroforesterie à l'échelle d'un territoire de PCET et d'évaluation du potentiel « carbone » de cette pratique. Il s'adresse plus particulièrement aux chargés de mission correspondant.

Dans un premier temps, un diagnostic de territoire est posé à partir duquel une stratégie de déploiement de l'agroforesterie sera construite. Vient ensuite un travail de cartographie, recourant à des systèmes d'information géographique qui croisent des paramètres agronomiques, pédologiques et des informations sur l'occupation du sol. On en attend l'identification, sur le territoire du PCET, des surfaces agricoles propices à la mise en place d'une agroforesterie à vocation carbone, présentant donc des rendements sylvicoles importants.

¹ Ces différentes publications n'ont pas pour objectif de détailler précisément les conditions opérationnelles de la mise en place de l'agroforesterie au sein d'une exploitation agricole.

Les lecteurs intéressés consulteront avec profit : Agroforesterie, des arbres et des cultures, Christian DUPRAZ Fabien LIAGRE (Editions France Agricole, 2013) ou le cahier DVD technique sur la plantation et la gestion des arbres agroforestiers (Editions AGROOF, 2013).

Les conditions strictement techniques (agronomiques, pédologiques, topographiques) étant arrêtées, il est nécessaire de confronter ce premier potentiel de surfaces présélectionnées avec une réalité plus socio-économique des territoires concernés. Cette étape repose essentiellement sur des enquêtes de terrain qui s'attachent à évaluer les enjeux fonciers à venir sur le territoire (critère d'autant plus important à prendre en compte que l'agroforesterie est une démarche qui s'inscrit dans le long terme) et à appréhender les conditions d'acceptabilité du projet par les agriculteurs et les propriétaires fonciers.

A l'issue de ce travail d'enquête, on peut alors faire émerger un noyau d'agriculteurs pionniers, tout particulièrement convaincus de la pertinence de la dynamique, auprès desquels un accompagnement personnalisé (définition des objectifs visés et du système de production permettant d'y répondre, information sur les procédures administratives à anticiper, montage technique du projet, subventionnement, suivi dans le temps...), pourra s'organiser afin de concevoir, implanter et pérenniser des projets agroforestiers.

La mise en place d'une stratégie globale visant à convertir des superficies agricoles conséquentes à la pratique agroforestière suppose donc d'avoir réalisé des diagnostics de territoire orientés d'un point de vue agronomique mais aussi foncier et socio-économique. La déclinaison opérationnelle de cette stratégie nécessitera que ces diagnostics soient rapidement prolongés par des initiatives plus locales, menées parfois en réseau, permettant de diffuser largement l'information mais aussi d'accompagner au plus près les agriculteurs qui se lanceront dans cette évolution de la conduite de leur exploitation.

La méthodologie proposée accorde une grande importance au suivi des projets, indispensable pour s'assurer de la bonne gestion du système agroforestier et de l'obtention de la rentabilité finale attendue.

Enfin, le guide décrit comment estimer la contribution potentielle de l'agroforesterie à l'amélioration du bilan carbone du territoire.

L'agroforesterie présente de nombreux intérêts environnementaux que ce soit à l'échelle de l'agroécosystème, de l'exploitation agricole ou, plus globalement, d'un territoire. Son efficacité carbone au regard des objectifs de limitation des émissions de gaz à effet de serre, arrêtés dans la plupart des PCET voire dans les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie, reste toutefois subordonnée à un taux important de conversion des surfaces agricoles adaptées. En effet, les potentiels unitaires de séquestration de carbone évalués pour les différents systèmes agroforestiers les plus couramment rencontrés, sont relativement modestes. Même en comptabilisant les économies dues à la substitution d'énergie fossile ou de matériaux avec une plus forte empreinte carbone, pour que cette technique puisse constituer un levier efficace de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire concerné et contribuer, autrement qu'à la marge, aux objectifs de réduction, il sera indispensable de mobiliser une part importante des superficies identifiées comme étant favorables par l'outil cartographique.

La mise en place de dynamiques concertées visant à convaincre les agriculteurs concernés de la pertinence de cette approche est donc indispensable. L'animation de réseaux locaux sous l'égide d'un acteur public ayant légitimité à proposer ces politiques de développement de territoire doit ainsi faire appel à une méthodologie rigoureuse de conduite de projet. La collectivité qui pilote le PCET a évidemment un rôle important à jouer, en synergie avec les représentants du monde agricole.

L'agroforesterie ne doit cependant pas être regardée au travers du seul prisme « carbone » et la collectivité peut trouver dans la mise en œuvre massive de cette technique des avantages écologiques induits tout à fait intéressants :

- protection des ressources en eau potable (forte diminution des fuites de nitrates),
- création de corridors écologiques (trame verte et bleue),
- mise en place d'un paysage plus attractif,
- lutte contre l'érosion des sols...

Enfin, si les bénéfices économiques sont difficiles à quantifier pour un territoire, il ne fait pas de doute que l'agroforesterie est en mesure de venir contrebalancer certaines externalités négatives occasionnées par les productions agricoles conventionnelles, justifiant d'autant une implication de la collectivité.

Ont collaboré à ce travail :

- pour la Chambre d'Agriculture : Yves BACHEVILLIER, Rémi CARDINAEL, Sylvie BARTHES, Christophe LAFON,
- pour AGROOF : Camille BERAL, Fabien LIAGRE, Daniele ORI,
- pour l'INRA : Rémi CARDINAEL,
- pour Association Française d'Agroforesterie : Pierre LABANT,
- pour l'ADEME : Pierre VIGNAUD.

QUELQUES ELEMENTS DE CONTEXTE

CHANGEMENT CLIMATIQUE, AGRICULTURE ET SYLVICULTURE

En Europe, depuis une quinzaine d'années, on constate une stagnation des rendements agricoles que l'expertise collective de l'INRA attribue en grande partie au changement climatique. L'hypothèse couramment retenue est que l'augmentation des températures printanières provoque un stress hydrique des cultures à des périodes clés de leur développement physiologique (élongation des épis et remplissage des grains dans le cas des céréales par exemple).

En sylviculture, l'effet du changement climatique est plus contrasté même si, de façon générale, il est admis que les aléas climatiques fragilisent les forêts. L'augmentation des niveaux de CO₂ atmosphérique stimule l'activité photosynthétique des arbres avec, en outre, pour ceux à feuilles caduques, un allongement de la saison de végétation. Parallèlement, les hausses de température et les modifications du régime des précipitations influencent les zones naturelles de développement des essences. Certaines d'entre elles subiront de graves dépérissements, par manque de flexibilité physiologique en réponse aux évolutions climatiques et une sensibilité accrue aux attaques parasitaires (DUPRAZ et LIAGRE, 2011). En outre, en contexte méditerranéen, on s'attend, à moyen terme, à des sécheresses plus fréquentes accompagnées d'une augmentation du risque « incendie ».

A l'échelle nationale, le secteur agricole et sylvicole est le deuxième contributeur du point de vue des émissions de gaz à effet de serre (GES). En 2012, il représentait :

- 88 % des émissions totales de N₂O, principalement dues à l'utilisation d'engrais azotés et de matières organiques sous forme d'intrants ;
- 75 % des émissions totales de CH₄, essentiellement issues des déjections animales et, dans une moindre mesure, de la fermentation entérique des ruminants ;
- 2 % des émissions nationales totales de CO₂ et 8 % des émissions totales en équivalent CO₂ du secteur (hors émissions liées à la fabrication des intrants). Les émissions de CO₂ proviennent principalement de l'utilisation d'énergies fossiles (carburant pour les engins, chauffage des serres voire d'autres bâtiments, séchage du fourrage et des grains...).

Au total, les pratiques agricoles actuelles françaises sont responsables d'environ 20 % des émissions nettes de gaz à effet de serre en France, soit le double de la moyenne européenne.

Les émissions de l'agriculture sont légèrement en baisse depuis une quinzaine d'années mais elles restent sensibles à tout changement d'utilisation des sols agricoles ou forestiers. Ainsi, la conversion de parcelles de prairie ou de forêt en parcelles de production, notamment en grandes cultures, augmente les émissions de CO₂. Inversement, le boisement de parcelles agricoles permet une séquestration de carbone. Par ailleurs, le système de production adopté peut jouer un rôle non négligeable sur les émissions de GES. Ainsi une terre fréquemment labourée et binée n'a pas le même impact carbone qu'une parcelle en semis sous couvert, faiblement mécanisée.

LES PLANS CLIMAT-ENERGIE TERRITORIAUX

En 2010, la loi dite Grenelle 2 a rendu obligatoire la réalisation de schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et fixé un objectif de réalisation d'un plan climat énergie territoire (PCET) avant le 31 décembre 2012 pour les 440 plus importantes collectivités territoriales françaises. Ces plans encadrent une démarche de développement durable axée spécifiquement sur la lutte contre le changement climatique avec deux principaux objectifs :

- **Une atténuation des émissions de GES** : limiter l'impact du territoire sur le climat, en réduisant les émissions de GES dans la perspective du « facteur 4 »² grâce à une meilleure efficacité énergétique, au développement des énergies renouvelables et à une mutation des politiques de transport.
- **L'adaptation au changement climatique** : réduire la vulnérabilité du territoire par l'intégration des conséquences du changement climatique dans les politiques publiques et les processus de décisions de moyen et long terme.

Un PCET constitue donc le cadre d'engagement d'un territoire face au changement climatique et met en synergie un ensemble d'actions et de mesures qui prennent en compte tous les secteurs de l'économie et les activités de la vie quotidienne.

² Division par quatre des émissions françaises de GES en 2050 en référence à l'année 1990

QU'EST-CE QUE L'AGROFORESTERIE ?

Les systèmes agroforestiers se définissent comme des modalités de production agricole où les arbres sont associés aux cultures et/ou aux pâturages. L'agroforesterie constitue une technique agro-écologique fondée sur les complémentarités entre les arbres, les cultures et la faune. Elle peut se décliner dans différentes configurations (alignement intra-parcellaire, haie, bocage...) susceptibles de répondre à divers objectifs : production de bois d'œuvre ou de bois énergie, préservation de la biodiversité, reconquête des paysages...



Dans un programme agroforestier à vocation « carbone », on cherchera à mettre en place des typologies de projets orientées vers la production, c'est-à-dire présentant des potentiels de croissance sylvicole élevés à court et moyen terme (durée inférieure à 50 ans). Cette publication traite principalement de ces projets agroforestiers « carbone » pour lesquels les surfaces et les essences sont choisies en fonction de leur capacité élevée de séquestration (1 m³ de bois d'œuvre récolté annuellement pour chaque arbre, en moyenne sur 40 ans avec un accroissement annuel du diamètre du tronc supérieur à 2 centimètres).

D'autres organisations agroforestières sont envisageables pour répondre à des objectifs différents, par exemple de réactivation de la biodiversité avec des arbres florifères de petite taille, à faible croissance, qui présenteront alors un moindre intérêt pour la séquestration carbone sauf à de très longs termes, supérieurs à 100 ans.

QU'ATTENDRE DE L'AGROFORESTERIE DANS LE CADRE D'UN PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Favoriser l'adaptation au changement climatique



Les travaux de l'INRA ont montré que les systèmes agroforestiers pouvaient contribuer à une modération locale des excès climatiques (déficit en eau, températures excessives). Le microclimat créé par la présence des arbres réduit le stress hydrique sur les cultures et limite les températures printanières excessives qui ont pour conséquence un allongement de la durée de remplissage des grains³.

La compétition pour la lumière entre arbres et cultures doit toutefois être gérée afin d'éviter de trop fortes baisses de rendement. Pour cela, l'agriculteur peut jouer sur les densités et les espacements des peuplements, ainsi que sur les opérations d'entretien telles que l'élagage, l'émondage voire les éclaircies. En revanche, pour les pâturages, l'ombre des arbres apporte un confort aux animaux en les protégeant des intempéries et des excès de chaleur.

Enfin, on notera que les arbres agroforestiers sont mieux armés pour affronter les aléas climatiques : la compétition des cultures favorise un enracinement profond leur permettant de mieux résister aux tempêtes ou aux crues. Cette prospection racinaire profonde leur assure aussi une meilleure alimentation en eau qui les rend moins sensibles aux épisodes de sécheresse.

³ Les températures élevées, si elles interviennent pendant la période de remplissage des grains, ont des répercussions physiologiques (concurrence entre photosynthèse et photo-respiration, accroissement de la respiration nocturne, fermeture stomatique) appelées « échaudage thermique », qui pénalisent le rendement.

Outre une complémentarité de productions qui constitue le fondement de l'approche agroforestière, des bénéfices transversaux tels que l'amélioration de la biodiversité ou de la fertilité des sols sont attendus à moyen et long terme. Le bois produit sur les parcelles agroforestières trouve des débouchés dans des usages énergétiques (bois bûche, plaquettes, granulés, écorces ou sciures) mais aussi de bois d'œuvre ou de bois raméal fragmenté (BRF)⁴.

Contribuer aux objectifs de réduction des émissions de GES

... en séquestrant du carbone

Toujours selon l'INRA, la productivité des arbres agroforestiers est supérieure de 30 % à 60 % par rapport à leurs homologues forestiers. Ainsi, on estime qu'un système agroforestier peut séquestrer de 1,5 à 3 tC/ha/an, réparties entre les biomasses aérienne et souterraine (cf. Annexe 2). En comparaison, un hectare forestier stocke en moyenne 1 tC/ha/an (CHEVASSUS-AU-LOUIS, 2009).

La partie du carbone séquestrée dans le sol est la plus intéressante car elle s'y trouve stabilisée durablement. L'arbre va stimuler la vie du sol en apportant de la matière organique par renouvellement de ses feuilles et de ses racines fines. Le niveau d'activité biologique du sol, couplé aux itinéraires techniques agricoles (notamment les modalités de travail du sol), jouent un rôle important sur la stabilisation de ce carbone en profondeur. La quantification du carbone ainsi stabilisé reste toutefois complexe car un grand nombre de paramètres entre en ligne de compte et peu de travaux arrivent à estimer avec suffisamment de précision le devenir de ce carbone dans le sol.



Les projets de recherche en cours sur le stockage du carbone dans les sols et son évolution en lien avec les processus biogéochimiques et biologiques, tel AGRIPSOL⁵ financé dans le cadre de l'appel à projets REACTIF de l'ADEME, devraient dans le futur permettre de proposer des itinéraires techniques optimisés avec un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'affiner la pertinence des politiques territoriales agroforestières.

Les systèmes agroforestiers influent sur le cycle de l'azote et donc sur la gestion de la fertilité. On espère ainsi, à terme, une diminution de l'utilisation des engrais minéraux ou organiques avec pour conséquence un impact indirect sur les émissions de N₂O. Ces bilans sont toutefois complexes à réaliser et ces effets bénéfiques, de même que la capacité des sols agroforestiers à capter le méthane, ne seront pas développés dans la suite de cette brochure.

... en produisant de la biomasse lignocellulosique

Utilisée à des fins énergétiques, la biomasse aérienne qui a stocké du carbone, le relargue sous forme de CO₂ au cours du processus de combustion. Le bilan carbone global n'en devient pas pour autant négatif puisque cette biomasse vient en substitution d'énergies carbonées fossiles⁶, sous réserve toutefois que la ressource ainsi mobilisée ait été gérée durablement (en particulier par replantation d'arbres).

On trouvera en annexe 2 le détail des méthodes de calculs utilisées pour estimer la réduction des émissions de carbone par l'utilisation de biomasse renouvelable issue de l'agroforesterie.

L'agroforesterie offre un début d'alternative à des modèles de production intensive de biomasse énergie de type taillis à courte (ou très courte) rotation, consommateurs de SAU et qui suscitent de nombreuses réticences au sein du monde agricole (concurrence directe pour la production de denrées alimentaires, bilan économique incertain du fait des besoins en irrigation, en fertilisation ou en traitements phytosanitaires).

⁴ Le BRF est le résultat du broyage de rameaux et petites branches vertes d'un diamètre inférieur à 7 cm (avec ou sans feuilles), préférablement de feuillus avec cependant la possibilité d'utiliser 20 % de conifères. On l'utilise pour stimuler l'activité biologique et la formation d'humus conduisant à créer des conditions stables de fertilité biologique. Cette pratique suscite de plus en plus l'intérêt de nombreux agriculteurs souhaitant maintenir et améliorer la vie de leurs sols, mais le potentiel de la filière d'approvisionnement (production et distribution) reste encore un facteur limitant sachant que l'apport minimum par hectare est compris entre 100 et 200 m³.

⁵ Agroforesterie pour la protection des sols – Etude de l'impact des arbres agroforestiers sur le fonctionnement biogéochimique du sol.

⁶ L'utilisation d'une tonne de bois en substitution au fioul permet d'éviter l'émission de 900 kg de CO₂.

DEPLOIEMENT D'UNE AGROFORESTERIE CARBONE

Dans le cadre d'un PCET qui vise à une réduction des émissions de gaz à effet de serre, le développement de l'agroforesterie sur tout ou partie du territoire s'articulera en plusieurs étapes et s'organisera autour des projets présentant les meilleurs potentiels de séquestration carbone.

Etape 1 – Mise en place d'une stratégie de territoire

Consistant principalement en un travail bibliographique et en la rencontre des acteurs potentiellement concernés, cette étape permet d'analyser le territoire du PCET en regard de l'agroforesterie, de recueillir les attentes de chaque partenaire, de leur présenter la technique agroforestière et son potentiel de développement.

La définition d'une stratégie suppose de connaître les objectifs de chacun et de préparer les compromis qui permettront de concilier des intérêts parfois divergents. Elle est également l'occasion de valider, avec l'ensemble des parties prenantes, la zone géographique concernée, en général délimitée par les contours du PCET.

Lors de l'évaluation des moyens à mettre en œuvre, on n'oubliera pas que l'animation d'un projet territorial requiert nécessairement des investissements humain et financier qui, dans le cas de l'agroforesterie, doivent être envisagés sur le moyen et long terme.

Etape 2 – Evaluation du potentiel de développement de l'agroforesterie

L'exploitation des systèmes d'information géographiques (SIG), permettra de mettre en évidence les surfaces potentielles adaptées pour une agroforesterie à vocation carbone. Ces surfaces seront ensuite croisées avec des zones prioritaires pour d'autres enjeux environnementaux (qualité de l'eau, trames verte et bleue, biodiversité...).

Etape 3 - Diagnostic socio-économique

En premier lieu, on essaiera d'évaluer les enjeux liés à la maîtrise foncière sur le territoire du PCET pour les prochaines décennies. L'agroforesterie doit trouver sa place et s'inscrire durablement dans le paysage agricole. Pour cela, il est nécessaire de savoir comment va évoluer la gestion du foncier agricole et de définir les modes d'exploitation à venir. Il s'agira d'identifier, voire d'anticiper, les éventuelles pressions foncières et les mesures disponibles pour les contenir, quitte à proposer l'adaptation ou la création d'outils juridiques ou réglementaires.

Dans un second temps, on tentera d'identifier les conditions de l'acceptabilité de l'agroforesterie par les agriculteurs et les propriétaires sur les secteurs signalés comme propices. Cette phase passe par des rencontres directes avec des entretiens individuels ou collectifs qui permettront de mieux appréhender le ressenti des agriculteurs/propriétaires face au changement climatique, aux politiques « carbone », aux innovations agronomiques et leur connaissance de l'agroforesterie. On disposera ainsi d'une grille d'identification territorialisée des déterminants de l'adoption ou du refus de la technique agroforestière. Ces entretiens permettront aussi d'initier une dynamique de réflexion ou d'action qu'il sera important de pérenniser. Enfin, ils contribueront au repérage des premiers candidats qui pourront porter des sites pilotes.

Etape 4 - Montage et suivi des projets agroforestiers

L'accompagnement des agriculteurs et propriétaires motivés par un projet agroforestier, identifiés essentiellement au niveau du diagnostic précédent, conduira à une analyse particulière et approfondie de chaque cas qui permettra de cerner précisément les objectifs et souhaits de chacun, mais également d'évaluer le potentiel des parcelles choisies. Tout au long de cette phase, le porteur du projet sera suivi dans le montage technico-administratif et la planification des différentes opérations à réaliser. Selon la motivation des acteurs, certains projets pourront faire l'objet d'une expérimentation où il sera possible de tester différents modes d'aménagement, définis en réponse aux questionnements et doutes techniques exprimés au cours des enquêtes.

ETAPE 1 – MISE EN PLACE D'UNE STRATEGIE DE TERRITOIRE

Dans cette étape d'approche préalable, les objectifs poursuivis sont multiples mais doivent rester opérationnels :

- Identifier les principales parties prenantes ;
- Sensibiliser à l'agroforesterie et à son intérêt dans le cadre du changement climatique ;
- Conduire un état des lieux des pratiques agroforestières traditionnelles (haies, bosquets, alignements...) sur le territoire du PCET ;
- Recenser les actions déjà en place ou programmées et les ressources humaines disponibles.

Un atelier spécifique ou un groupe de travail idoine sera constitué au sein du PCET afin d'établir ce premier état des lieux. Des informations spécifiques sur l'agroforesterie peuvent se trouver auprès de structures spécialisées (AGROOF, AFAHC, AFAF...), dans la littérature, ou encore auprès des chambres d'agriculture, CIVAM, CRPF...

Le cercle d'acteurs habituellement réunis au sein des instances du PCET devra en conséquence s'élargir à ces nouveaux partenaires.

ETAPE 2 – EVALUATION DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE L'AGROFORESTERIE

L'estimation des surfaces suffisamment productives pour envisager des plantations agroforestières à vocation carbone et non risquées du point de vue de leur rentabilité pour l'agriculteur suppose la réalisation d'un diagnostic territorial précis.

Celui-ci ne devra pas écarter trop vite les terrains qui ne ressortent pas de prime abord comme étant les plus propices, mais pour lesquels la mise en œuvre d'un projet agroforestier n'est pas pour autant impossible. Outre la séquestration du carbone, on identifiera des avantages induits de type conservation de la biodiversité ou préservation de la qualité de l'eau.

Cette étape s'appuie sur une approche cartographique à partir d'un système d'information géographique qui va croiser différentes données (pédologie, typologie d'occupation du sol...) (cf. logigramme). En appliquant plusieurs critères de sélection, on peut alors dessiner des cartes de surfaces adaptées au développement d'une agroforesterie carbone.

Les points clés :

- Cerner les zones à bon potentiel
- Trouver des bases de données cartographiques à jour et suffisamment précises
- Maîtriser les outils d'un SIG
- Connaître et comprendre les limites de la cartographie

LES BASES DE DONNEES « SOLS »

L'INRA gère une base de données nationales regroupant les informations spatiales pédologiques (base de données DONESOL). Les données contenues dans DONESOL appartiennent cependant aux différents organismes participant à l'élaboration de cette base. L'accessibilité à ces données doit donc faire l'objet d'autorisations préalables.

Dans le cas de l'étude réalisée en Languedoc-Roussillon, les bases de données utilisées ont été :

Pour les critères pédologiques : les données (1/250 000^{ème}) provenant de la base de données BDSolLR issue du programme national IGCS (inventaire gestion et conservation des sols). La précision des informations fournies par la cartographie a évidemment une grande importance. Selon l'échelle géographique, l'unité de sol cartographiée peut correspondre à différents types de sol, présents en proportion variable. Dans le cadre de ce guide, le choix a été fait de ne représenter que le type de sol majoritaire, la priorité « carbone » justifiant que l'on recherche les surfaces les plus importantes afin d'obtenir des potentiels de séquestration conséquents. Cela signifie qu'il peut exister des zones qui, ne disposant pas d'une superficie suffisante, n'ont pas été retenues alors même qu'elle étaient compatibles avec une agroforesterie productive.

Source : <http://www.gissol.fr/programme/igcs/igcs.php>

Pour les critères d'occupation de sol : les données (1/50 000^{ème}) provenant de la base de données Ocsol (2006) de l'association Systèmes d'Information Géographique en Languedoc-Roussillon (SIG L-R). Cette cartographie est construite à partir de l'interprétation d'images satellites. Dans le cas du Languedoc-Roussillon, il est connu que les surfaces en vignobles et prairies sont surestimées et les terres arables largement sous-estimées à cause d'une erreur d'analyse des images satellites du logiciel d'interprétation des photographies LANDSAT. Ces erreurs sont relativement fréquentes et demandent à être prises en compte afin d'améliorer la qualité de l'estimation finale.

SELECTIONNER LES ZONES ADAPTEES A UNE AGROFORESTERIE « CARBONE »

Le choix des paramètres pédologiques dépend des caractéristiques de chaque région. Le calage de ces paramètres nécessite souvent le recours à des experts forestiers.

Cinq paramètres ont été retenus : salinité, profondeur du sol, réserve utile, profondeur des nappes aquifères et fissuration de la roche mère. Les trois premiers paramètres ont été affectés de valeurs seuils permettant de quantifier leur contribution au potentiel de développement de l'agroforesterie.

- **Salinité du sol** : Même si en stricte théorie, il est possible de faire de l'agroforesterie sur des sols salés, le choix des essences adaptées est relativement restreint et les productions attendues très aléatoires. **Les sols salés n'ont donc pas été retenus.**
- **Profondeur du sol** : Les sols profonds favorisent l'enracinement des arbres ce qui permet de réduire les phénomènes de compétition et de maximiser les phénomènes de facilitation, c'est-à-dire les processus contribuant à l'augmentation de la ressource à partager entre l'arbre et la culture. **Les sols de moins de 50 cm de profondeur n'ont donc pas été retenus.**
- **Réserve utile du sol** : La réserve utile caractérise la capacité d'un sol à conserver de l'eau en son sein. Les sols trop secs, n'ayant pas une réserve utile suffisante, ne sont pas propices à la croissance des arbres et des cultures. **Les sols ayant une réserve utile inférieure à 75 cm n'ont donc pas été retenus.**
- **Profondeur de la nappe aquifère** : Une nappe relativement proche contribue à une bonne alimentation en eau des arbres. A contrario, une nappe trop souvent affleurante menace les arbres d'asphyxie.
- **Fissuration de la roche mère** : Les racines des arbres peuvent investir en profondeur les anfractuosités d'une roche fissurée, favorisant ainsi leur croissance.

On peut donc distinguer trois types de potentiel de développement d'une agroforesterie à vocation carbone sur un territoire particulier :

Potentiel agroforestier	Salinité	Profondeur (cm)	Réserve utile (mm)
Elevé	pas de salinité	profondeur ≥ 100	RU ≥ 125
Bon	pas de salinité	profondeur ≥ 100	75 \leq RU < 125
	pas de salinité	50 \leq profondeur < 100	RU ≥ 125
Moyen	pas de salinité	50 \leq profondeur < 100	75 \leq RU < 125

Tableau 1 : Typologies de potentiel de développement d'une agroforesterie « carbone »

Quatre types d'occupation des sols sont jugés compatibles avec la mise en place d'une agroforesterie de bois d'œuvre et de séquestration carbone.

Type d'occupation des sols	Commentaires
Prairies	Compatible dans la mesure où il est possible d'y réaliser des systèmes sylvo-pastoraux.
Vignobles	Possibilité d'associer la vigne à des rangs d'arbres, en périphérie ou au sein des parcelles.
Terres arables	Terres arables autres que serres et rizières. Territoires principalement occupés par l'agriculture, avec présence de végétation naturelle.
Systèmes complexes	Systèmes culturels et parcellaires complexes (juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et/ou de cultures permanentes complexes). Agroforesterie difficile à mettre en place
Landes et estives	Surfaces exclues car peu productives et concernant généralement des terrains superficiels

Tableau 2 : Typologies d'occupation des sols et agroforesterie « carbone »

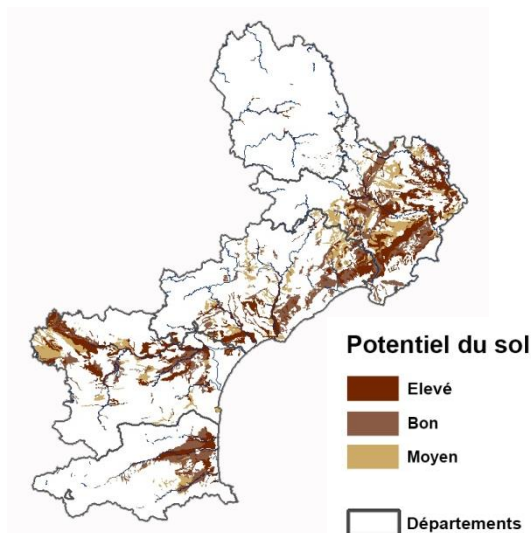
Selon que l'on soit en présence de prairies, de terres arables ou de vignobles, les projets agroforestiers devront être adaptés en conséquence. La densité des arbres, leur conduite et le choix des essences ne seront pas les mêmes avec évidemment des incidences directes sur le potentiel de séquestration du carbone.

CARTOGRAPHIE DES SURFACES CIBLES

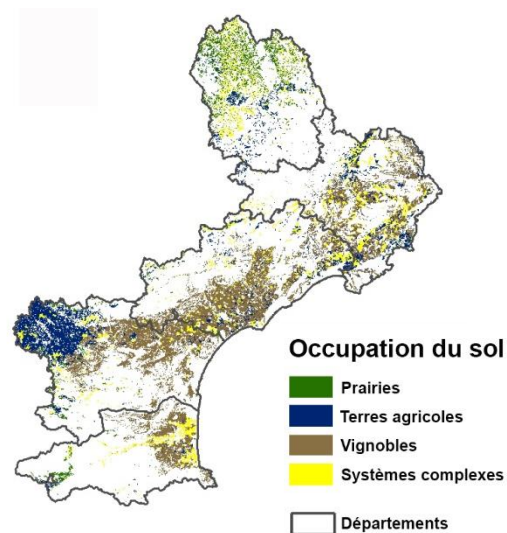
Le croisement des critères « pédologie » et « type d'occupation du sol » permet d'obtenir une cartographie des surfaces propices au développement d'une agroforesterie « carbone » avec une estimation des superficies concernées.

On peut l'envisager à des échelles régionale ou plus locale. Au niveau d'un territoire particulier, les secteurs ou les communes présentant le meilleur potentiel de développement des systèmes agroforestiers peuvent ainsi être signalés.

CRITERE 1 - PEDOLOGIE



CRITERE 2 – OCCUPATION DU SOL

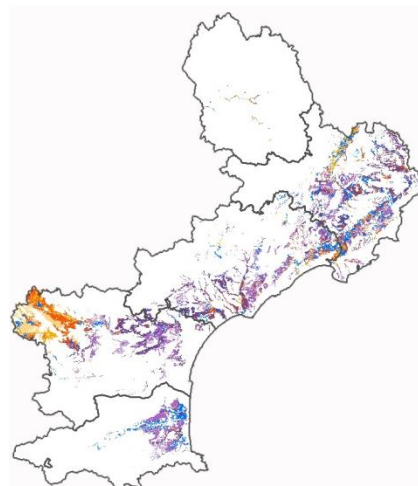


CROISEMENT CRITERE 1 x CRITERE 2

A l'échelle de la région, la superposition des couches précédentes fait ressortir 280 000 ha favorables à l'agroforesterie dont :

- 2 000 ha en prairie (3 % de la surface prairiale),
- 132 000 ha en terres arables (soit 47 % des terres arables)
- 146 000 ha en vignes (51 % des vignobles).

A ces estimations, on peut ajouter 119 000 ha en assolement diversifié mais compatibles avec l'agroforesterie (41 % de la surface occupée par ces systèmes)



DETAIL SUR LE PCET MONTPELLIER

A l'échelle du PCET de Montpellier, 70 % de la surface agricole (prairies, terres arables – essentiellement blé dur et colza, vignes et systèmes diversifiés) a été identifiée comme étant favorable à une agroforesterie « carbone ».

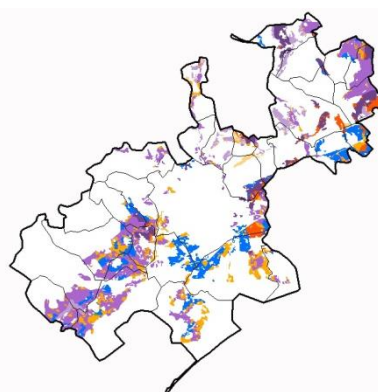


Figure 1 : Cartographie des surfaces propices à une agroforesterie « carbone » : Illustration pour le Languedoc-Roussillon

On peut ainsi faire ressortir les particularités de chaque département :

- Le Gard dispose des plus grandes surfaces avec des sols à fort potentiel agroforestier,
- La Lozère, montagneuse avec des sols essentiellement superficiels, offre peu d'opportunités,
- Le Nord-Ouest de l'Aude, principalement le Lauragais, bénéficie de sols relativement profonds,
- Pour le reste du Languedoc-Roussillon, la majorité des sols profonds se trouve dans les vallées, le long des cours d'eau principaux de la région ou dans les secteurs d'importants dépôts alluvionnaires.

L'occupation des sols est elle-même très contrastée. Ainsi, le Nord-Ouest de l'Aude correspond à une grande zone de production céréalière, de l'Est de l'Aude à l'Hérault une démarche agroforestière devra s'articuler avec l'activité viticole prédominante alors que seuls des systèmes sylvo-pastoraux pourraient convenir aux prairies lozériennes.

Le croisement des informations géographiques issues des couches de données pédologiques et d'occupation du sol fait ressortir une superficie de 280 000 ha qui seraient adaptés pour une agroforesterie « carbone » :

- 2 000 ha de prairies (3 % de la surface prairiale),
- 132 000 ha de terres arables (47 % des terres arables) consacrés essentiellement à la production de blé dur, colza, tournesol, pois, maïs, semences...,
- 146 000 ha de vignes (51 % des vignobles).

Dans l'Aude, le Gard et l'Hérault, ces terrains sont plutôt bien répartis alors que pour les Pyrénées-Orientales, ils se concentrent principalement dans la plaine du Roussillon. La Lozère présente un potentiel nettement plus faible du fait de la présence étendue de sols superficiels et d'une couverture forestière importante.

ETAPE 3 – DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE

UN PREALABLE INDISPENSABLE : LE DIAGNOSTIC FONCIER

Le diagnostic foncier permet d'identifier les zones où l'agroforesterie, investissement de long terme, serait moins risquée à développer. A l'issue des rencontres organisées avec les agriculteurs concernés, il doit aussi contribuer à répertorier les pressions foncières locales tant actuelles que futures.

Cette première approche de détail concourt à la connaissance des freins particuliers au territoire correspondant mais également des leviers administratifs, voire politiques qui pourraient être activés.

Les points clés

- Anticiper les politiques foncières et les évolutions juridiques du foncier agricole

DETERMINATION DES CONDITIONS D'ACCEPTABILITE DE L'AGROFORESTERIE SUR UN PCET

Une étude de faisabilité du déploiement de l'agroforesterie sur un territoire doit dessiner la stratégie de grande échelle visant à favoriser l'adoption des systèmes agroforestiers. Le diagnostic socio-économique s'attachera donc à exposer avec précision le fonctionnement des exploitations et les mécanismes qui pourraient conduire à l'adoption de nouvelles pratiques.

Les enquêtes réalisées auprès des agriculteurs, possédant ou louant les surfaces identifiées au niveau de l'étape précédente, ont ainsi pour but de mettre en évidence les facteurs sociaux, économiques, techniques et réglementaires susceptibles de faciliter la mise en place de systèmes agroforestiers.

L'étude devra in fine déboucher sur un programme d'actions permettant de favoriser le développement de l'agroforesterie sur le territoire envisagé.

Les points clés

- Connaître au préalable l'activité agricole de la zone
- Bien préparer la prise de contact avec les agriculteurs
- Eviter les périodes de pleine activité agricole
- Eviter les questionnaires trop fermés
- Anticiper sur l'analyse des données

Le diagnostic de territoire sera organisé en plusieurs étapes :

- **Constitution d'un échantillon** : si le nombre d'agriculteurs identifiés est faible, on enquêtera la totalité d'entre eux. Dans le cas contraire, on constituera un échantillon représentatif du territoire concerné en tenant compte de la diversité et de la variabilité des exploitations agricoles afin de construire des typologies pertinentes (type de production, ressources humaines, taille des exploitations, zone à enjeux prioritaires...). L'exploitation de ces questionnaires d'enquête doit permettre de préciser quelles catégories d'agriculteurs pourraient être intéressées par l'agroforesterie, prioritairement à vocation carbone.

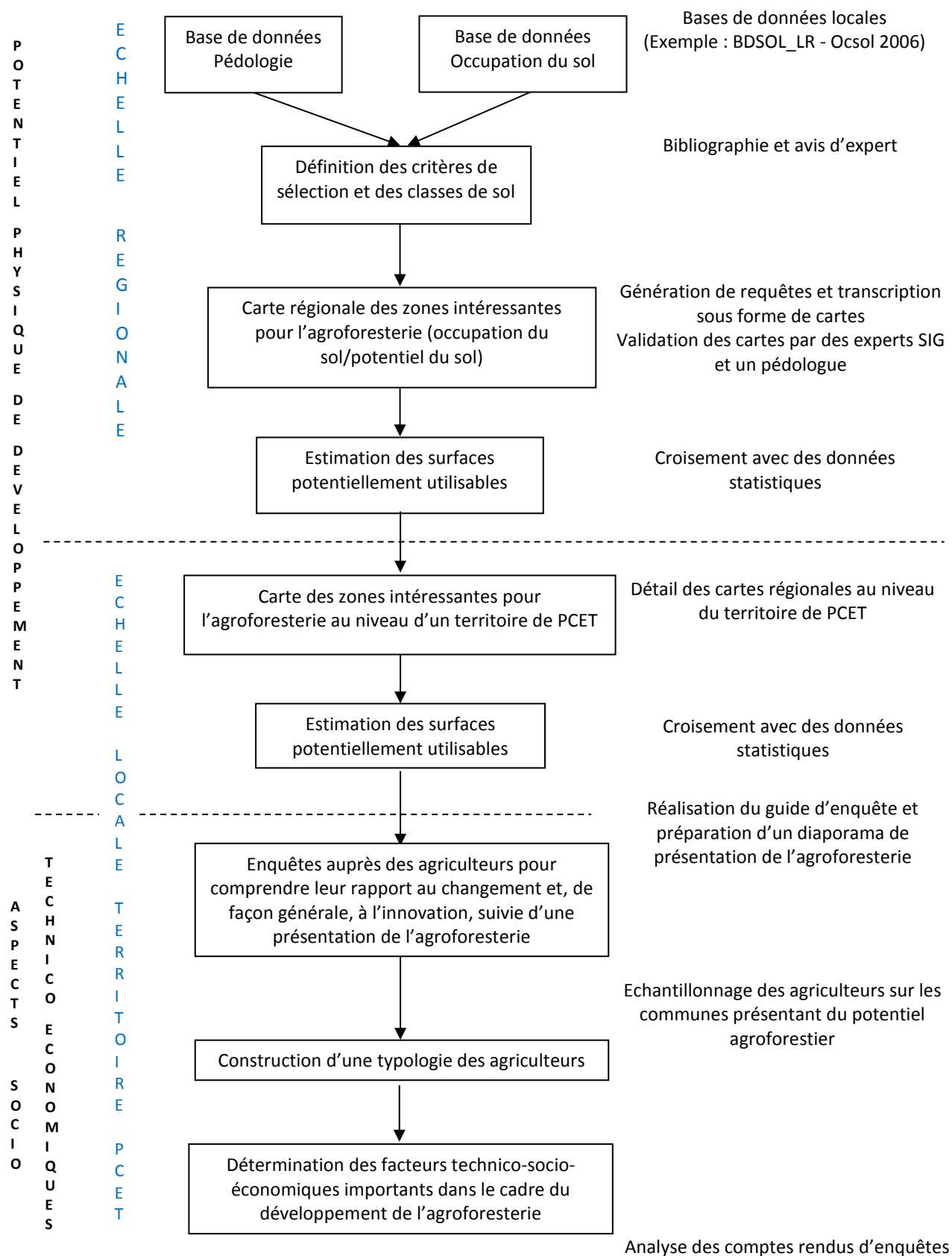


Figure 2 : Logigramme récapitulatif des étapes 2 et 3 d'une démarche de mise en œuvre de l'agroforesterie sur un territoire de PCET

- **Elaboration d'un questionnaire** (cf. questionnaire type en annexe 4) : la taille du questionnaire, et donc le temps qui sera mobilisé auprès de l'agriculteur pour le remplir, doit être adaptée au contexte. En effet, la disponibilité des agriculteurs est très dépendante de la saison et de leur type d'activité. Il est souvent préférable de viser des questionnaires relativement courts (maximum une heure d'entretien) afin de rencontrer un plus grand nombre d'exploitants. Les longs entretiens ne sont cependant pas à exclure en totalité car ils permettent de décrire précisément le fonctionnement des exploitations et les modes de prise de décision. Ils apportent une richesse d'enseignements qui alimentera les actions de communication ou de formation qui seront déclinées dans la suite de la démarche.
- L'entretien aidera à préciser les facteurs d'adoption de l'agroforesterie mais aussi les critères limitant, caractéristiques de la zone d'étude.
- En première approche, pour évaluer la charge de travail que nécessite un tel diagnostic, on retiendra qu'une personne peut réaliser en moyenne 2 enquêtes par jour, comprenant la prise de rendez-vous, la conduite de l'entretien et le traitement des données.

METHODOLOGIE D'UNE DEMARCHE DE DIAGNOSTIC

ARCHITECTURE GENERALE

Les enquêtes de terrain devront permettre de déterminer une typologie des exploitants favorables ou non à l'agroforesterie sur laquelle viendra se greffer la stratégie d'animation et de sensibilisation.

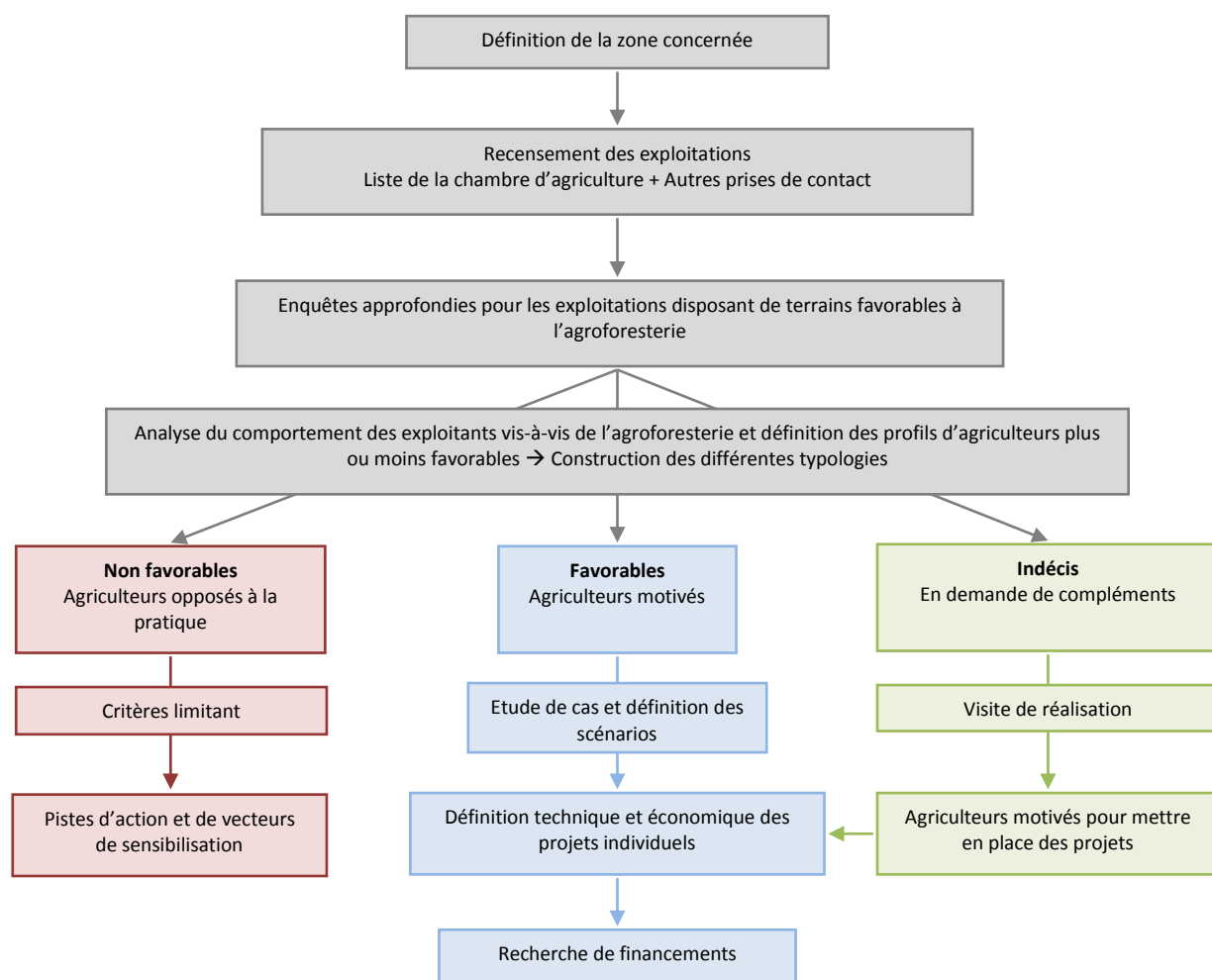


Figure 3 : Schéma conceptuel d'une démarche de diagnostic socio-économique d'un territoire

LA PRISE DE RENDEZ-VOUS

Après accord préalable des partenaires qui ont fourni les informations géographiques de base, le croisement du zonage propice à l'implantation de l'agroforesterie avec les listings d'agriculteurs permet une première prise de contact.

Les modalités de cette prise de rendez-vous ne sont pas à négliger si on veut établir un diagnostic aussi constructif que possible. Généralement, l'appel téléphonique sera précédé de l'envoi d'un courrier :

- Envoi d'un courrier avertissant les agriculteurs de la réalisation d'une étude sur les alternatives possibles aux systèmes de culture traditionnels ;
- Prise de contact téléphonique pour convenir d'un rendez-vous ou pour appréhender les motifs d'un éventuel refus ;
- Conduite des entretiens, de préférence en dehors des périodes d'intense activité agricole (éviter les périodes de semis, de vendange ou de moisson).

Nota : Lors de l'appel téléphonique, il est préférable de présenter la démarche comme une enquête sur un thème général autour des problématiques du carbone. On évitera de parler d'arbres ou d'agroforesterie afin de ne pas susciter de refus immédiat. En effet, l'agroforesterie, souvent méconnue, peut susciter des craintes voire un rejet de principe, du fait qu'elle est parfois assimilée à du boisement forestier. On ne parlera de l'agroforesterie que dans la dernière partie du rendez-vous.

LA CONDUITE D'UN ENTRETIEN INDIVIDUEL

L'agroforesterie et, a fortiori, le changement climatique ne seront pas abordés de manière directe. On passera d'abord par une phase d'entretien général sur le fonctionnement de l'exploitation puis sur la perception de l'agriculteur vis-à-vis des systèmes culturels innovants. L'entretien se poursuivra sur le thème de l'arbre au sens large pour, finalement, en arriver aux pratiques agroforestières.

Le diagnostic socio-économique doit permettre d'identifier ce qui incite ou bride les exploitants dans l'innovation agronomique et, en particulier, les freins ou les motivations pour se lancer dans l'agroforesterie.

Exemple de déroulement d'un entretien (cf. questionnaire type en annexe 4) :

- Le fonctionnement actuel de l'exploitation : statut de l'exploitation, description du parcellaire, pratiques agricoles en vigueur et perspectives d'évolution, fonctionnement socio-économique de l'exploitation, organisation du travail ;
- Le comportement vis-à-vis des nouvelles pratiques : discussion autour des évolutions des pratiques au sein de l'exploitation, identification des motivations ou freins au changement, description du type d'accompagnement nécessaire à la démarche d'innovation ;
- Le ressenti vis-à-vis de l'arbre : perception de l'arbre, intérêts et contraintes des arbres, identification des éléments arborés de l'exploitation et de leur gestion ;
- La perception du changement climatique : connaissance du changement climatique, observation de certains phénomènes, adaptation des systèmes de production ;
- Le positionnement vis-à-vis de l'agroforesterie : connaissance de l'agroforesterie, opinions, motivations, freins et leviers pour son développement.

Comment favoriser la liberté de parole ?

Plusieurs méthodes d'enquêtes sont envisageables. Généralement, on utilise des méthodes directives ou semi-directives. Dans l'entretien directif, on se base sur un questionnaire constitué d'interrogations précises visant à recueillir des réponses courtes. La réalisation d'entretiens directifs permet d'obtenir des données principalement quantitatives qui se prêtent bien à un traitement statistique. Lorsqu'on introduit des questions plus ouvertes et qu'on ne suit pas forcément l'ordre prévu, on parle plutôt de questionnaires semi-directifs. Enfin, on peut également imaginer un entretien parfois non directif, totalement ouvert, ayant un objectif exploratoire. Organisé autour de deux ou trois questions centrales, on laisse un maximum de liberté d'expression à l'enquêté.

Selon les objectifs de l'étude, exploratoire ou cherchant une représentativité la plus large possible, on tendra vers tel ou tel type d'entretien. Le caractère et l'expérience de l'enquêteur peut également influencer sur ce choix. Dans tous les cas, on veillera à respecter le cadrage présenté dans les paragraphes précédents afin d'obtenir les informations recherchées.

L'ANALYSE DES RESULTATS

Les informations extraites des enquêtes étant souvent qualitatives, l'obtention de résultats opérationnels nécessitera de faire appel à des techniques d'analyse statistique descriptive. Si le nombre de réponses est suffisamment important (plus de 40 enquêtes par exemple), on pourra utiliser une analyse factorielle multiple afin d'apprécier la cohérence des variables observées. Dans le cas d'échantillons de taille plus faible, on procèdera à une analyse descriptive plus simple en évitant de créer des groupes d'individus trop réduits et en n'omettant pas de préciser, dans la présentation des résultats, les pourcentages et le nombre d'individus concernés.

Après enquête, les résultats sont rassemblés au sein d'une grille de saisie, par exemple sous tableur. L'analyse se fait ensuite en trois phases principales regroupant chacune une série de questions clés. Une conclusion circonstanciée présentera les informations opérationnelles utiles à la poursuite de la démarche :

- 1- Caractériser les agriculteurs rencontrés :**
 - a. Qui sont-ils ? Sont-ils représentatifs de l'agriculture du territoire ?
 - b. Quel est leur positionnement vis-à-vis du changement climatique ?
 - c. Quel est leur comportement vis-à-vis des pratiques innovantes ?
 - d. Quel est leur ressenti vis-à-vis des arbres et de l'agroforesterie ?
- 2- Constituer une typologie des agriculteurs en fonction de leur perception des systèmes agroforestiers :**
 - a. Les agriculteurs intéressés pour mettre en place un projet à court ou moyen terme.
 - b. Les agriculteurs moyennement intéressés ou indécis, demandant davantage d'informations.
 - c. Les agriculteurs pas intéressés ou réticents à la plantation d'arbres sur leurs parcelles.
- 3- Appréhender les déterminants de cette typologie :**
 - a. Qui sont les agriculteurs de ces différents groupes ?
 - b. Pourquoi se trouvent-ils répartis dans ces groupes ? Quels sont les facteurs qui les rapprochent ou les distinguent ?
 - c. Quels discours tiennent-ils ?
- 4- Conclusions**
 - a. Détermination du nombre d'individus par catégorie (proportion par rapport au nombre d'agriculteurs enquêtés, projection à l'échelle du PCET).
 - b. Proposition d'actions d'animation par groupe (réunions, visites, formations, documents de communication).
 - c. Suites opérationnelles à donner, en local ou plus largement, en régional par exemple, (subvention, réglementation, statuts et contrats fonciers...).

Sur la base de ces éléments d'information et en prenant en compte l'ensemble des paramètres clefs du territoire, on sera alors en mesure d'élaborer une stratégie contextualisée de sensibilisation et de communication à l'agroforesterie.

Illustration avec le cas du territoire du PCET de Montpellier Agglomération

- **Les agriculteurs les plus motivés :**
 - exploitation dynamique en recherche de diversification de leurs productions et d'innovations,
 - conduite de culture relativement diversifiée allant du conventionnel au biologique,
 - connaissance de l'arbre avec présence d'éléments arborés sur leur exploitation,
 - pour les plus âgés, la question de la succession est réglée ou en voie de l'être,
 - les viticulteurs possèdent souvent une cave particulière,
 - les exploitants se sentent concernés par le changement climatique,
 - l'agroforesterie est vue comme un moyen d'améliorer l'image de l'exploitation, de limiter son impact sur l'environnement mais aussi comme une capitalisation, un investissement sur le long terme.
 - **Les agriculteurs indécis :**
 - exploitations spécialisées et dans une dynamique positive (exemple : agrandissement du parcellaire),
 - principalement freinés par la crainte d'une diminution de revenu à court terme et une compétition trop importante entre les arbres et les cultures.
- Ce groupe aurait éventuellement pu être scindé en 2 afin de préciser ceux qui seraient plutôt opposés ou plutôt favorables à l'agroforesterie.
- **Les agriculteurs non intéressés**
 - agriculteurs en conduite agricole conventionnelle,
 - pour les plus âgés, la question de la succession n'est pas réglée,
 - les viticulteurs de ce groupe sont très majoritairement adhérents à une cave coopérative,
 - les exploitations sont souvent en perte de vitesse, engagées dans une logique de simplification et de réduction de l'appareil de production.

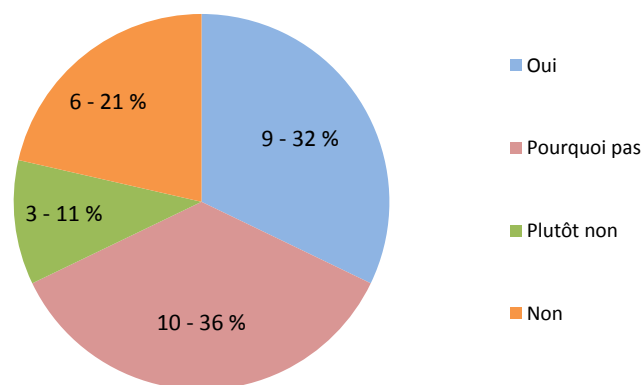


Figure 4 : PCET de Montpellier - Répartition des réponses à la question :
« Seriez-vous prêt à expérimenter l'agroforesterie sur votre exploitation ? »
(Nombre d'individus et pourcentage par rapport à l'échantillon total enquêté) (CARDINAEL, 2012)

ELEMENTS STRATEGIQUES POUR DEVELOPPER L'AGROFORESTERIE SUR UN TERRITOIRE

INFORMATION ET SENSIBILISATION SUR L'AGROFORESTERIE

Il n'est pas rare que le terme, tout comme la pratique, d'agroforesterie soient méconnus des agriculteurs. Les interrogations les plus fréquentes tournent autour du risque d'une diminution du revenu à court terme, de l'incompatibilité avec la mécanisation et de la compétition entre arbre et culture. Plusieurs questionnements et commentaires sont récurrents : « *Qu'est-ce que c'est ? S'agit-il de plantations d'arbres pour produire des plaquettes ?* » « *Ça, c'est très bien avec l'élevage, ça devrait même être systématique, mais avec les cultures, ce n'est pas possible* »...

La stratégie de sensibilisation et de communication élaborée à l'issue du diagnostic socio-économique doit apporter des éléments de réponse à ce déficit de connaissance dont on sait qu'il contribue aux réticences et freins à l'adoption de systèmes agroforestiers. Elle devra, dès lors, avoir pour priorité :

- D'informer l'ensemble des administrations, des coopératives, des organisations professionnelles ou techniques. Ces acteurs sont, en effet, des relais essentiels. Les tenir correctement informés sur ce que recouvre le concept d'agroforesterie, ses enjeux liés à l'agriculture ou au territoire et sur le contenu du projet visé, peut éviter certains blocages parfois issus de réticences formulées par des techniciens ou représentants des organismes agricoles, forestiers ou environnementaux ;
- D'organiser des journées d'information et d'échanges avec les agriculteurs, en partenariat avec les structures professionnelles locales. Dans une même journée, pourront utilement alterner un temps d'intervention en salle, avec des spécialistes mais surtout des agriculteurs agroforestiers, et un temps sur le terrain pour la visite d'un projet ;
- D'aménager des parcelles de démonstration afin de concrétiser le discours et d'obtenir des références technico-économiques sur l'agroforesterie dans un contexte local ;
- D'informer par le biais de documents opérationnels et peu coûteux (sujet sensible dans le milieu agricole). La création d'un site internet est un outil intéressant car il permet de tenir à jour les informations liées aux futurs projets (comme par exemple les documents de demande de subvention à la plantation ou les modèles de baux à clauses environnementales adaptés au cas de l'agroforesterie) voire d'actualiser un agenda des réunions et visites.

CREER ET ENTREtenir UNE DYNAMIQUE DE TERRITOIRE

La création puis l'animation d'un réseau local autour de l'agroforesterie, en complémentarité avec les dispositifs qui existent déjà dans les structures agricoles en place, est nécessaire pour pérenniser une trajectoire d'innovation ou, dans le meilleur des cas, de plantation.

Ce réseau devra accompagner les exploitants dans l'apprentissage de l'agroforesterie. A cet égard, l'échange avec les autres agriculteurs déjà engagés est essentiel pour favoriser l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, contribuant ainsi à sécuriser les candidats dans cette démarche particulière et parfois risquée.

LA QUESTION DU FONCIER

Protection des terres agricoles

Dans un contexte d'urbanisation généralisée qui s'accompagne souvent d'une hausse sensible du prix des terrains ou du risque d'expropriation, les agriculteurs éprouvent parfois des réticences vis à vis de tout projet de long terme.

Pour tenter de répondre à ces légitimes préventions qui brident l'innovation et le dynamisme des exploitations, il convient de sécuriser la disponibilité foncière agricole sur le long terme via les outils d'aménagement dont dispose la collectivité. L'intention souvent affichée de prendre en compte l'agriculture dans les stratégies de développement avec la mise en place du schéma de cohérence territoriale est nécessaire mais pas suffisante. La création de zones agricoles protégées (ZAP – prévue par la loi d'orientation agricole de 1999) constitue, par exemple, une démarche complémentaire, permettant de mieux prendre en compte la vulnérabilité des terres agricoles en contexte périurbain.

Favoriser les projets innovants et paysagers permet également de rapprocher les citoyens des agriculteurs, voire de les impliquer directement à l'instar des opérations conduites par l'association Terre de Lien qui vise à transformer en atout, le handicap de la proximité de l'urbain.

Remembrement et bourse des arbres

La contrainte d'un parcellaire morcelé est souvent mentionnée, notamment en viticulture, comme un frein au développement de l'agroforesterie mais des mesures de remembrement peuvent encore être arrêtées de manière à disposer de parcelles d'un minimum de 2 à 3 ha. Un compromis doit toutefois être respecté entre l'agrandissement des parcelles et la conservation de la biodiversité par le maintien de corridors écologiques (protection des arbres existants, haies, agroforesterie intra-parcellaire...).

Une bourse des arbres peut apporter un complément de réponse. En estimant avant la transaction, leur valeur sur pied pour l'ensemble des parcelles concernées par le remembrement, les arbres peuvent être inclus dans le calcul de la valeur foncière des terres à échanger. Cette estimation préalable évite un arrachage ou une surexploitation des arbres en préalable aux négociations.

Aide à l'installation des jeunes agriculteurs

L'aide à l'installation de jeunes agriculteurs peut aussi faciliter la mise en place de projets innovants. Pour les plus jeunes, la question de la succession n'est pas d'actualité et ils peuvent, sous réserve de leur niveau d'endettement, moins difficilement investir dans un projet dont il est raisonnable d'espérer tirer bénéfice à long terme. Même si les incitations à l'installation dépendent principalement de politiques nationales ou européennes, des mesures locales peuvent aussi être prises, en partenariat avec les chambres d'agriculture et les sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER).

LES REGLEMENTATIONS

Réglementation concernant les parcelles agroforestières

La circulaire ministérielle DGPAAT/SDBE/SDFB/C2010-3035 du 06 avril 2010, précise que les parcelles agroforestières, et donc leur fiscalité, relèvent désormais du statut agricole.

Dans le cadre du premier pilier de la PAC⁷, les agriculteurs touchent les droits à paiement unique sur la totalité de la parcelle. Le second pilier, cadré par le programme de développement rural pour l'Hexagone (PDRH) 2007-2013, autorise la France à soutenir les projets agroforestiers via la mesure 222.

La programmation 2014-2020 a reconduit cette mesure 222 qui permet de subventionner les projets agroforestiers jusqu'à hauteur de 70 % par le fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER). Les dépenses éligibles concernent l'installation des parcelles (achat des plants, travail du sol, plantation, piquetage, protection et paillage) ainsi que leur entretien.

Les réglementations locales de boisement doivent également être prises en compte. En effet sur certaines communes, il peut exister des règles en matière de plantation qu'il convient d'intégrer dans la préparation de son projet agroforestier.

⁷ La PAC est construite sur deux piliers. Le premier pilier concerne le soutien des marchés et des revenus agricoles. Il prévoit un système d'aides aux agriculteurs, et représente environ 70 % du budget de la PAC. Le second pilier, le règlement de développement rural (RDR), concerne la politique de développement rural. Il permet de mettre en place des mesures cofinancées par les Etats membres pour favoriser le développement et le maintien des zones rurales. (www.agrooof.fr)

Par exemple, certaines essences, comme le peuplier ou le robinier, peuvent être soumises à des restrictions (interdiction totale, zonage à respecter, densité maximale...). A ce sujet, il faut noter que l'agroforesterie qui est intrinsèquement de nature agricole et qui mobilise de faibles densités de peuplement, n'est en aucun cas susceptible de menacer les intérêts visés par ces réglementations (boisements forestiers déguisés, fermeture des paysages, changement de nature des sols...).

Le cas particulier de la vigne

La restructuration du vignoble est encouragée par l'indemnisation de l'arrachage et de la replantation, sous réserve du respect de plusieurs paramètres techniques (espacement des rangs augmenté, nature des cépages autorisés, palissage...). A ce jour, l'installation de lignes d'arbres agroforestiers n'entre pas dans les critères ouvrant droit à ces primes.

Une reconnaissance par FranceAgriMer de l'agroforesterie viticole comme un des moyens de restructuration du vignoble pourrait éviter cette perte de revenu du viticulteur particulièrement démotivante. Pour l'heure, en attente d'une éventuelle évolution de la réglementation OCM viticole, ce paramètre doit être intégré dans toute réflexion préalable à un projet agroforestier avant la plantation d'une nouvelle vigne.

Pour plus d'information sur les réglementations en agroforesterie : http://agrooof.net/agrooof_reglementation.html.

RECENSER LES PREMIERS CANDIDATS A UN PROJET AGROFORESTIER

L'identification des agriculteurs les plus intéressés pour étudier concrètement la mise en place de l'agroforesterie sur leur exploitation peut intervenir à plusieurs niveaux de la démarche :

- Lors de la phase préliminaire, la prise de contact avec les acteurs du territoire va permettre d'élaborer une première liste. Très souvent, ces acteurs connaissent des agriculteurs curieux ou ayant manifesté une demande d'information voire d'encadrement pour un projet agroforestier ;
- Lors de la phase de diagnostic des exploitations, l'expérience montre que 20 à 40 % des agriculteurs sont, en première approche, favorables à une réflexion préalable sur un projet agroforestier. Une simple relance suffit souvent pour que près de la moitié d'entre eux soit susceptible de se lancer dans un projet à court terme ;
- Lors de la phase d'animation et de sensibilisation, de nouveaux candidats se manifesteront. Il faudra donc veiller à inviter à ces réunions le plus grand nombre d'agriculteurs et de propriétaires, à commencer par les têtes de réseaux (élus, coopérateurs, innovateurs...). On peut également imaginer un appel à candidature complémentaire par voie de presse locale (presse agricole, bulletins communaux ou journal de la collectivité).

ETAPE 4 – MONTAGE ET SUIVI D'UN PROJET AGROFORESTIER

Le temps pour mettre en œuvre un projet agroforestier peut se compter en mois voire en années. C'est un choix qui engage sur le long terme et nécessite une bonne préparation, un accompagnement pérenne et de qualité. Plusieurs projets n'ont ainsi pas abouti car mal conçus ou insuffisamment préparés en amont.

Même s'il est possible de dégager des lignes de force pour leur réussite, chaque projet agroforestier reste un cas particulier pour lequel il est indispensable de prévoir des adaptations, parfois notables, afin d'intégrer la singularité d'une exploitation ou d'un système de production.

La phase de réflexion préalable qui doit permettre à l'agriculteur candidat de calibrer le projet le mieux adapté à son exploitation, au potentiel de ses parcelles et à ses objectifs personnels (amélioration paysagère, production de bois d'œuvre, préservation de la biodiversité...), ne doit donc surtout pas être négligée.

PHASE 1 – CONCEPTION DU PROJET

ANTICIPER LES PROCEDURES ADMINISTRATIVES

Les délais administratifs locaux, notamment si le candidat souhaite bénéficier d'une subvention, font partie intégrante du calendrier du projet y compris les plantations qu'il n'est pas possible de réaliser à n'importe quelle période de l'année. Ils peuvent représenter entre 6 et 18 mois et l'on ne pourra pas s'en affranchir, par exemple pour débiter les travaux, sans un accord écrit de l'administration concernée.

Plusieurs étapes administratives sont importantes pour le bon déroulement d'un projet :

- En année N-1
 - Préfiguration technique et réalisation d'une étude de faisabilité,
 - Consultation auprès de la mairie sur les réglementations éventuelles de boisement (démarche nécessaire même si le porteur de projet ne fait pas appel à une subvention), sur les distances réglementaires avec les parcelles voisines, sur la viabilité des chemins...
 - Consultation de l'administration agricole et des collectivités territoriales sur les aides disponibles,
 - Recherche des aides à la plantation avec étude approfondie des cahiers des charges correspondant afin d'en valider l'opportunité,
 - Retrait du dossier de demande de permis et de subvention auprès des services déconcentrés du ministère de l'agriculture. La demande présentée par le propriétaire doit comprendre un avant-projet sommaire avec un plan de situation et un devis détaillé ou établi à partir des barèmes forfaitaires régionaux,
 - Décision de l'éligibilité des projets par une commission départementale composée de représentants de l'administration, du CRPF, de l'ONF, du Conseil Départemental et de la chambre d'agriculture, ce qui permet d'appeler les crédits pour l'année N, généralement avant la fin du mois de septembre de l'année N-1.
- En année N (plantation en automne)
 - Entre le début d'année et le printemps, la commission départementale entérine la pré-programmation. Le maître d'ouvrage (ou propriétaire) fournit alors un avant-projet détaillé avec l'ensemble des pièces justificatives. La commission régionale (DDTM, Conseil Départemental, DRAF) statue sur le plan de financement à mettre en place.

LE MONTAGE TECHNIQUE DU PROJET

Diagnostic initial

Dès ce premier stade de l'avancement de son projet, l'agriculteur devra expliciter et hiérarchiser ses objectifs : production de bois d'œuvre, production de biomasse énergie, production de BRF, amélioration des sols, amélioration de la fertilité, protection des nappes, amélioration de la biodiversité, valorisation paysagère, augmentation du bien-être animal, valorisation cynégétique, production mellifère, production de plantes médicinales, valorisation pédagogique, intégration d'une démarche expérimentale...

Il en découlera le choix des essences, la configuration des plantations (écartement entre les arbres et densité des peuplements), la conception de la bande arborée, le choix des parcelles...

La cartographie des secteurs favorables au développement de l'agroforesterie réalisée à partir du SIG n'est pas à une échelle de précision suffisante pour dimensionner, dans le détail, un projet personnalisé pour une exploitation agricole. Une connaissance plus précise de la nature des sols des parcelles concernées reste indispensable. Il n'est pas exclu qu'elle puisse faire ressortir des sols favorables à l'agroforesterie qui n'avaient pas été identifiés par le SIG.

Cette approche de détail doit porter sur les caractéristiques des parcelles concernées, en termes de géométrie, d'altitude, d'exposition au vent, de voisinage ainsi que de précédent cultural. Elle conditionne aussi l'orientation des lignes. Enfin, pour chacune des parcelles retenues, on validera les systèmes de culture, les itinéraires techniques, et on évaluera la main d'œuvre et le matériel disponibles. Leur statut juridique sera également examiné de près.

Des analyses de sol et une connaissance du micro climat sont, en outre, indispensables pour fiabiliser le choix des essences à planter : pH, calcaire actif, teneurs en N, P et K, MO, CEC... mais aussi températures moyennes, amplitude thermique, risque de sécheresse et fréquence des gelées.

Les données pédologiques (profondeur, réserve utile, différents horizons, présence d'obstacles, indices d'hydromorphie, présence d'une nappe aquifère et nature des sols) seront obtenus en réalisant une fosse de 1 à 2 mètres de profondeur, par hectare ou par zone homogène.

Une attention particulière sera accordée aux rotations culturales associées et assolements envisagés afin d'anticiper les interactions et de contrôler la compétition de manière à favoriser les phénomènes de complémentarité entre les arbres et les cultures.

Choix et chiffrage du scénario technique

L'optimisation du scénario retenu se fera en arrêtant le choix des parcelles les plus appropriées à l'agroforesterie, les modes de gestion des arbres, l'orientation des aménagements, la densité des plantations, l'agencement des lignes dans chaque parcelle et des arbres sur la ligne, le choix des essences, celui des fournitures, les modes de gestion de la bande enherbée...

Pour ce qui concerne plus spécifiquement le choix des essences, une grande variété de paramètres doit être prise en compte en confrontant les types d'arbre souhaités avec un éventuel cahier des charges local imposant certaines variétés, les contraintes de la station écologique croisées avec les caractéristiques physiologiques des essences (en terme de vitesse de croissance...), la compatibilité avec la culture et les bénéfices agroenvironnementaux qui pourraient éventuellement en être tirés (fixateurs d'azote, essences mellifères...).

Même lorsque elle est développée dans une optique de séquestration du carbone, l'agroforesterie se doit de maintenir un équilibre entre une production sylvicole et la poursuite de l'activité agricole jusqu'à la récolte des arbres.

La densité moyenne finale des arbres est souvent proche de 50 sujets/ha. Des peuplements plus denses, et donc potentiellement plus aptes à stocker du carbone, sont envisageables mais dans la pratique rarement choisis par les agriculteurs du fait des difficultés attendues sur les cultures lorsque les arbres deviennent adultes, en particulier dues à la compétition pour la lumière.

Cette densité moyenne de plantation reste à adapter selon les types d'activité agricole. En élevage, on peut imaginer des densités plus élevées alors qu'en système viticole, on optera pour des densités comprises entre 30 et 50 arbres par hectare.

Le tableau ci-dessous indique les fourchettes de densités permettant une production agricole jusqu'à la coupe des arbres, sans devoir modifier les rotations en place :

Production	Densité initiale (arbres/ha)	Densité finale visée (arbres/ha)
Grande culture	50 à 80	40 à 60
Maraîchage	50 à 100	40 à 80
Prairie permanente	50 à 100	50 à 80
Vigne et arboriculture	40 à 60	30 à 50

Tableau 3 : Densités usuelles de peuplement en fonction des productions agricoles concernées

La densité initiale (densité à la plantation) diffère de la densité finale (densité objectif), du fait de la sélection des plus beaux arbres et de la coupe des sujets morts ou ayant eu des difficultés de croissance. Si les arbres sont menés en têtard, on peut imaginer des peuplements plus denses. En effet, les interventions régulières sur les houppiers, tous les 3 à 5 ans en général, vont permettre de maintenir un ensoleillement suffisant afin de conserver des niveaux de rendements acceptables pour la culture intercalaire.

Tout au long de ce processus de calage du projet envisagé, il convient de garder en mémoire que l'agroforesterie constitue un investissement de long terme. La récolte des arbres qui assure une partie de l'équilibre économique du projet, ne se fera pas avant quarante ans et, dès lors, il est indispensable de ne cibler que des systèmes cultureux pérennes, principalement des cultures fourragères, maraîchères et fruitières (vignes, petits fruits, fruitiers à basse tiges).

Tout comme le choix des essences d'arbres, celui des cultures intercalaires dépend des objectifs de l'agriculteur et de ses habitudes de production. Tant que les arbres resteront jeunes, les changements par rapport à la configuration antérieure demeurent limités. Une fois la taille adulte atteinte, le choix des cultures intercalaires pourra être amené à évoluer. On notera cependant que la forte inertie des systèmes agroforestiers laisse un large temps pour l'anticipation.

L'arbitrage sur la faisabilité technico-économique du projet envisagé requiert un examen détaillé de ses paramètres économiques en termes d'investissement (total, par ha, par mètre linéaire et par arbre), de plan de financement



(apports personnels, aides publiques) et de charges de fonctionnement (temps de travail, mobilisation des matériels...). De façon à disposer d'une vision la plus objective permettant d'apprécier les risques technico-économiques du projet, un devis de réalisation, le cas échéant des opérations d'entretien, devra être demandé à une entreprise spécialisée pour les travaux qui ne seront pas effectués par le propriétaire ou l'exploitant. Dans le cas d'un projet collectif, impulsé par exemple au niveau d'un PCET, on pourrait envisager, afin de diminuer les coûts d'investissement correspondant, des commandes groupées auprès de pépiniéristes retenus à l'issue d'une procédure d'appel d'offres.

L'établissement d'un calendrier récapitulatif des échéances importantes : dossiers réglementaires, commandes puis réception des plants et fournitures, plantation... est recommandé afin d'assurer un suivi rigoureux de l'avancement de l'opération.

PHASE 2 – MISE EN PLACE DU PROJET – LES TRAVAUX

Préparation du sol - Piquetage

Les cultures précédentes conduites sur la parcelle concernée ont généralement laissé un terrain propre mais comportant une semelle de labour en profondeur (tassement du sol dû au passage répété des engins agricoles). Le sous-solage mécanique vise à décompacter le sol afin de faciliter la pénétration future des racines. Un travail du sol en surface peut aussi être envisagé (labour, discage ou hersage), surtout si on prévoit un paillage en plaque ou en bande autour de l'arbre.

Le piquetage qui permet de matérialiser les emplacements des futurs plants, doit être réalisé avec précision afin d'éviter tout problème d'écartement entre les arbres, potentiellement nuisible à l'exploitation des cultures intercalaires.



La mise en terre

L'agriculteur doit réceptionner et contrôler chaque plant qui, en cas de plantation différée, sera conservé en jauge dans du sable.

Le jour de la plantation, les plants seront préparés afin de leur donner une forme adaptée et favoriser leur reprise (habillage et pralinage racinaire). Les fosses de plantation seront suffisamment conséquentes (dimension minimale de 30 cm x 30 cm x 30 cm) et les plants correctement positionnés en évitant le tassement des racines.



Les protections

Tous les plants seront protégés individuellement contre les agressions de la mégafaune sauvage ou des engins agricoles en cas de mauvaise visualisation. Pour les parcelles concernées par l'élevage on optera pour des modèles de protection plus solides et plus hauts que le standard usuel.

En tout état de cause, vu le risque de prédation de la mégafaune sauvage, il est indispensable de les disposer le jour même de la plantation.

Pour plus de détail sur l'ensemble des actes techniques, on se référera aux ouvrages spécialisés (voir bibliographie).

PHASE 3 – SUIVI DU PROJET

La qualité de gestion du système agroforestier (arbres, bandes enherbées, cultures intercalaires) a un impact majeur sur la production et donc la rentabilité finale du projet. Une bonne part du savoir-faire de l'agroforestier consiste en la gestion des itinéraires techniques sur les arbres et les cultures afin de favoriser leur inter-complémentarité.

Le suivi et l'entretien des plantations ne devront pas être négligés notamment dans les années suivant la plantation.

Entretien au pied des arbres

Un paillage biodégradable (bois raméal fragmenté ou feutre végétal par exemple) permet de limiter la compétition pour l'eau et les nutriments, due à la présence des adventices. En préservant une certaine humidité au sol et en stimulant dans certain cas sa fertilité, il améliore les conditions du milieu propice à la croissance de l'arbre. L'entretien chimique qui peut favoriser l'apparition de phénomènes de résistance des adventices et, dans de mauvaises conditions d'application, risque de nuire aux jeunes arbres devra être dans la mesure du possible évité.



Entretien sur la ligne des arbres

Selon la stratégie choisie par l'agriculteur, on laissera se développer un enherbement naturel ou des cultures secondaires sur la ligne des arbres. Le désherbage intégral de cette bande de terrain est déconseillé. Un sol totalement nu, sans protection naturelle, est plus vulnérable à l'érosion. Il incite à un enracinement superficiel des arbres et diminue la biodiversité. La mise en place d'un semis herbacé lors de la plantation favorisera un bon contrôle de l'enherbement (espèces couvrantes non envahissantes pour l'agriculteur, légumineuses apportant de l'azote...) tout en augmentant la biodiversité et la population des auxiliaires (fleurs sauvages).



Taille de formation des arbres - Élagage, éclaircie et émondage

Les arbres agroforestiers étant exposés les premières années à la pleine lumière, il est essentiel de les guider dans leur développement. La taille de formation permet d'assurer une bonne verticalité de l'axe du sujet, indispensable pour la croissance d'arbres de haut-jet à finalité de bois d'œuvre.

L'élagage régulier des arbres est complémentaire à cette taille de formation. Il contraint l'arbre à une croissance en hauteur limitant ainsi les branches latérales, gênantes pour le travail de l'agriculteur et augmentant l'apport de lumière pour la culture intercalaire. Il permet d'obtenir un bois de qualité avec un tronc net de branches.

L'éclaircie que l'on réalise environ 10 années après la plantation, consiste à supprimer les arbres sans avenir, car tordus, malades ou abîmés. Il n'existe pas de règles générales sur le pourcentage d'arbres à supprimer qui dépend des objectifs fixés, de la densité initiale et de la qualité des sujets.

Gestion de l'allée cultivée

L'agroforesterie est une technique agro-écologique invitant à remettre en question le fonctionnement de son agroécosystème y compris pour ce qui est des pratiques et des rotations culturales.

Elle oblige à une recherche permanente du bon dosage pour limiter les phénomènes de compétition aérienne et souterraine. De nombreux paramètres doivent être pris en compte dans la conduite du système global avec un souci constant d'économie d'intrants : choix de cultures ou de variétés adaptées, semis sous couvert ou inter-culture pour contrôler l'enracinement des arbres en profondeur, pilotage de l'irrigation, intégration des modifications apportées par les arbres sur les cultures et inversement (matière organique, nouvelles conditions d'habitats des auxiliaires, micro climat, conditions d'enracinement...).



ESTIMATION DU POTENTIEL DE SEQUESTRATION CARBONE SUR LE TERRITOIRE D'UN PCET

La contribution potentielle d'une démarche agroforestière au bilan carbone d'un territoire de PCET doit s'apprécier au travers de la séquestration directe de CO₂ mais aussi en substitution à des matériaux ou combustibles non renouvelables.

SEQUESTRATION DE CARBONE PAR LES ARBRES AGROFORESTIERS

A partir des données expérimentales de l'INRA et des résultats de modélisation issus du logiciel Hi-sAFé, on peut retenir différents potentiels de stockage selon les types d'agroforesterie pratiquée (densité, essence...) :

Type d'arbres	Durée de la rotation	Densité d'arbres	Potentiel de séquestration (tC/ha/an) INRA	Potentiel retenu (tC/ha/an)
Croissance moyenne	50 ans	50 arbres /ha	1,5	0,75
Croissance moyenne	50 ans	100 arbres/ha	3	1,5
Croissance rapide	15 ans	50 arbres/ha	2	1
Croissance rapide	15 ans	100 arbres/ha	4	2

Tableau 4 : Potentiels de séquestration carbone (cf. Annexe 2)

Ainsi, pour un projet de 50 arbres/ha mis en place sur un sol au potentiel adapté à une agroforesterie « carbone », la quantité de carbone potentiellement séquestrée (biomasse aérienne et racinaire) est estimée à 1,5 tC/ha/an.

Une hypothèse de séquestration plus prudente a toutefois été retenue dans cette série de publications, représentant 50 % de ce potentiel, soit 0,75 tC/ha/an.

L'évaluation du potentiel de séquestration carbone à l'échelle d'un territoire de PCET se fera par croisement de ces valeurs unitaires avec les superficies convertibles à l'agroforesterie, approchées à l'issue des étapes 2 et 3 précédentes. Cette estimation prend donc en compte le pourcentage d'agriculteurs intéressés, la part de SAU qu'ils envisagent de consacrer à l'agroforesterie, le type de production agricole correspondant, la densité des plantations et la nature des essences envisagées.

Tous les agriculteurs se déclarant comme intéressés au cours de la phase d'enquête ne se lanceront pas dans une démarche agroforestière à court terme. L'expérience montre que seule la moitié d'entre eux initiera effectivement un projet. En première approximation, on retiendra donc un total des surfaces agroforestières mobilisées divisé par un facteur 2, qui, le cas échéant, pourra encore être revu à la baisse selon le dynamisme de l'animation mise en œuvre sur le territoire du PCET.

Le tableau suivant illustre un exemple de calcul pour un territoire fictif avec une estimation basse (animation minimum sur le terrain) et haute (communication et animation soutenue) :

Production	Vitesse de croissance	Durée de la rotation	Densité arbre/ha	Surface (ha) ou linéaire (m) ciblés		Potentiel de stockage (tC/an)	
				Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Grandes cultures	Moyenne	50 ans	50	350 ha	1 300 ha	265	975
	Rapide	15 ans	50	100 ha	300 ha	100	300
Maraîchage	Moyenne	50 ans	60	55 ha	75 ha	50	70
	Rapide	15 ans	60	35 ha	50 ha	40	60
Prairies permanentes	Moyenne	50 ans	80	200 ha	450 ha	240	540
	Rapide	15 ans	80	100 ha	250 ha	160	400
Vignes, fruitiers	Moyenne	50 ans	40	30 ha	150 ha	20	90
Total agroforesterie intra-parcellaire				870 ha	2 575 ha	870	2 435
Haies	Moyenne	50 ans	100	5 000 m	20 000 m	5	20
Total agroforesterie intra-parcellaire + haies						875	2 455

Tableau 5 : Estimation du carbone séquestré sur un territoire type

Cette estimation repose sur un potentiel moyen de séquestration lié au nombre d'arbres, sans tenir compte de l'âge des peuplements. En réalité, la cinétique de stockage n'est pas linéaire. Ce potentiel est de plus en plus important au fur et à mesure du vieillissement du peuplement (cf. Annexe 2). Si on veut mieux connaître la quantité de carbone réellement séquestrée, il sera donc nécessaire d'affiner ces estimations avec des mesures réalisées directement sur chacun des projets, régulièrement tout au long de leur déroulement. Elles se feront grâce au suivi de quelques paramètres simples : taux de mortalité, diamètre du tronc à 1,30 m du sol, diamètre moyen des houppiers... qui permettront d'évaluer le nombre d'arbres présents, la vigueur de leur développement et donc leur potentiel carbone.

De même, il faudra tenir compte de l'échéancier des plantations (tous les projets ne seront pas lancés au même moment). Généralement, il se passe de 1 à 4 ans avant que les candidats repérés ne plantent leurs premiers arbres. En outre, pour un projet concernant d'importantes surfaces, il n'est pas rare d'avoir un échelonnement des plantations en plusieurs lots afin de répartir le temps de travail et le montant des investissements.

Dans l'exemple présenté ci-dessus, la démarche globale d'agroforesterie sur tout le territoire conduit à estimer un potentiel de stockage de carbone compris entre 875 et 2 455 tCO₂ par an qu'il conviendra de mettre en perspective avec les objectifs de réduction adoptés à l'échelle du PCET.

On pourra également relier ce potentiel de séquestration au total des émissions de gaz à effet de serre en provenance du secteur agricole voire, dans une approche de neutralité carbone, des seules exploitations agroforestières concernées.

EVALUATION DES EMISSIONS CARBONE ECONOMISEES PAR SUBSTITUTION

La biomasse bois d'œuvre



Le bois d'œuvre vient en substitution à d'autres matériaux plus coûteux en énergie grise nécessaire à leur élaboration (béton, acier ...). Toutefois, le bois d'œuvre qui sera produit en agroforesterie sur le territoire d'un PCET, ne sera pas toujours valorisé localement. Les gains en carbone imputables à son utilisation ne devraient donc pas, stricto sensu, être attribués au seul territoire du PCET.

Cette substitution est pourtant notable avec une économie d'environ 0,8 tonne de CO₂ pour une utilisation dans la construction de 1m³ de bois.

En reprenant les données du cas type étudié précédemment qui aurait pour objectif la production de bois d'œuvre, on peut en déduire les réductions correspondantes d'émission de CO₂ :

Production	Vitesse de croissance	Durée de la rotation	Densité arbre/ha	Volume m ³ /ha en fin de rotation	Volume en m ³ final selon surfaces prévues		Economie d'émission (tCO ₂)	
					Minimum	Maximum	mini	max
Grandes cultures	Moyenne	50 ans	50	40	14 000	52 000	11 200	41 600
Maraîchage	Moyenne	50 ans	60	48	2 640	3 600	2 110	2 880
Prairies permanentes	Moyenne	50 ans	80	64	12 800	28 800	10 240	23 040
Vigne, Arboriculture	Moyenne	50 ans	40	32	960	4 800	770	3 840
Total agroforesterie intra-parcellaire					30 400 m³	89 200 m³	24 320 t	71 360 t

Tableau 6 : Estimation du total CO₂ évité dans le cas d'un projet agroforesterie carbone orienté vers la production de bois d'œuvre

Nota : Les essences à croissance rapide comme le peuplier, peu intéressantes d'un point de vue d'une filière de bois d'œuvre, et évidemment les haies difficilement compatibles avec ce type de production n'ont pas été retenues pour ce bilan de substitution carbone.

Au final, avec une production théorique de 30 000 à 90 000 m³ de bois, on peut espérer une substitution de 24 à 71 000 tCO₂, soit en moyenne de 0,55 à 0,59 tCO₂/ha/an.

L'agroforesterie n'a, en général, pas une vocation exclusive de production de bois d'œuvre. La biomasse énergie vient s'insérer en complémentarité avec une production de plaquettes à partir du broyage des branches élaguées ou émondées, ainsi que du houppier final lorsque l'arbre est abattu.

La biomasse énergie

En première approximation, on peut considérer que la combustion du bois reste peu émettrice de gaz à effet de serre (solde des émissions de CO₂ dues au transport et à la transformation du bois) sous réserve toutefois d'une gestion durable de la ressource (arbres replantés après exploitation et conduite sylvicole douce). Par ailleurs, cette biomasse vient en remplacement d'énergies fossiles et, en conséquence, améliore plus ou moins le bilan carbone, en fonction de la performance des chaudières et de la qualité du bois combustible.

Dans le cas de la biomasse sous forme de plaquettes, l'utilisation de 4m³ de bois-énergie (1 tonne de MS de plaquettes environ) permet d'économiser 0,35 tep (tonne équivalent pétrole) et d'éviter en moyenne en France l'émission de 1 t de CO₂.

En moyenne, on estime une production annuelle possible de 2 MAP⁸/ha/an soit 0,5 tMS/ha/an environ, soit encore une réduction de 0,5 tonnes de CO₂.

Si l'on reprend les surfaces fictives de l'exemple précédent, on alors peut calculer la réduction correspondante des émissions de CO₂ :

Production	Surface ou linéaire cible		Production biomasse type plaquettes MAP/an		Tonnes de CO ₂ évitées (tCO ₂ /an)	
	Surface mini (ha)	Surface max (ha)	mini	max	mini	max
Grandes cultures	350	1 300	700	2 600	180	650
	100	300	200	600	50	150
Maraîchage	55	75	110	150	30	40
	35	50	70	100	20	30
Prairies permanentes	200	450	400	900	100	230
	100	250	200	500	50	130
Vigne, Arboriculture	30	150	60	300	20	80
Total	870 ha	2 575 ha	6 960	20 600	450	1 310
Haies	5 000 m	20 000 m	85*	345*	20	90
Total agroforesterie intra-parcellaire + haies			7 045	20 945	470	1 400

*Chiffre moyen estimé pour une haie avec une production de 17 m³/an pour 1 000 m linéaire. Sources : LIAGRE, 2006. Les Haies Rurales.

Tableau 7 : Estimation des potentiels carbone par substitution en biomasse énergie

Comme dans tout projet de bois énergie, la production effective de plaquettes atteindra sa capacité nominale à partir de la 15^{ième} année, avec des fréquences de récolte de 4 à 8 ans selon les modes d'exploitation. Il est possible d'augmenter cette productivité jusqu'à 5 MAP/ha/an voire plus en réalisant de l'étêtage intensif régulier mais qui se fera au détriment du bois d'œuvre (cf. par exemple « L'agroforesterie : un outil d'aménagement du territoire – Application au Languedoc-Roussillon » page 22).

⁸ MAP pour mètre cube apparent de plaquettes, unité de volume qui prend en compte le foisonnement des plaquettes forestières. Selon son degré de séchage, un MAP pèsera entre 250 et 350 kg.

ANNEXE 1 : COMPLEMENTS METHODOLOGIQUES PERMETTANT LA DETERMINATION D'UN POTENTIEL AGROFORESTIER

Les informations sur la pédologie des sols (1/250 000^{ème}) proviennent de la base de données BDSolLR issue du programme national Inventaire Gestion et Conservation des Sols : <http://www.gissol.fr/programme/igcs/igcs.php>. L'unité cartographique est une unité pédo-paysagère (UPP), caractérisée par le climat, le relief, la géologie et la végétation. Chaque unité pédo-paysagère contient une ou plusieurs unités typologiques de sol (UTS). Dans la base de données, un champ spécifique permet de renseigner l'importance de chaque UTS (%) contenues dans une UPP. Les UTS n'étant pas localisées géographiquement, elles ne peuvent donc pas être représentées de manière cartographique dans un sous-découpage de l'UPP. En conséquence seule l'UTS majoritaire de chaque UPP a été retenue.

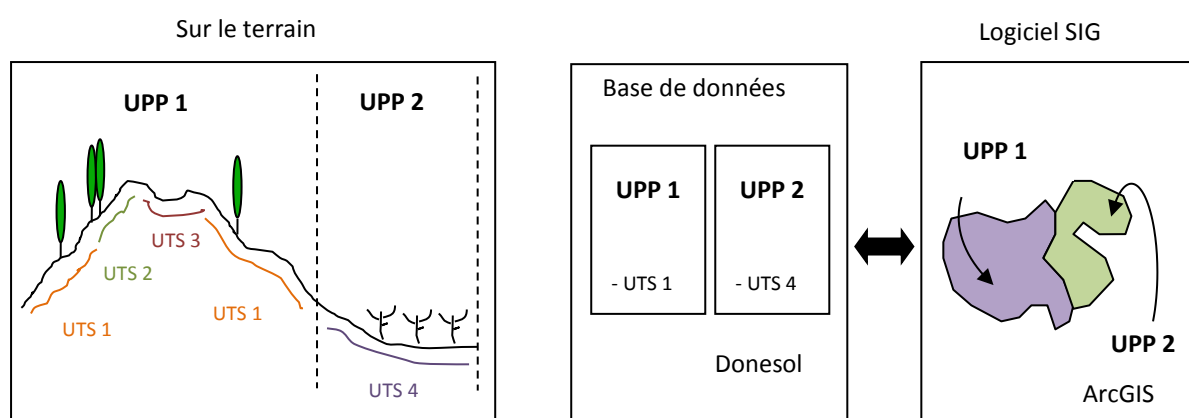


Figure 5 : Concepts cartographiques de la base de données « sol » du Languedoc-Roussillon (INRA, UMR Lisah).

Par ailleurs, chaque UTS est composée de plusieurs strates pour lesquelles les caractéristiques physico-chimiques du sol sont décrites.

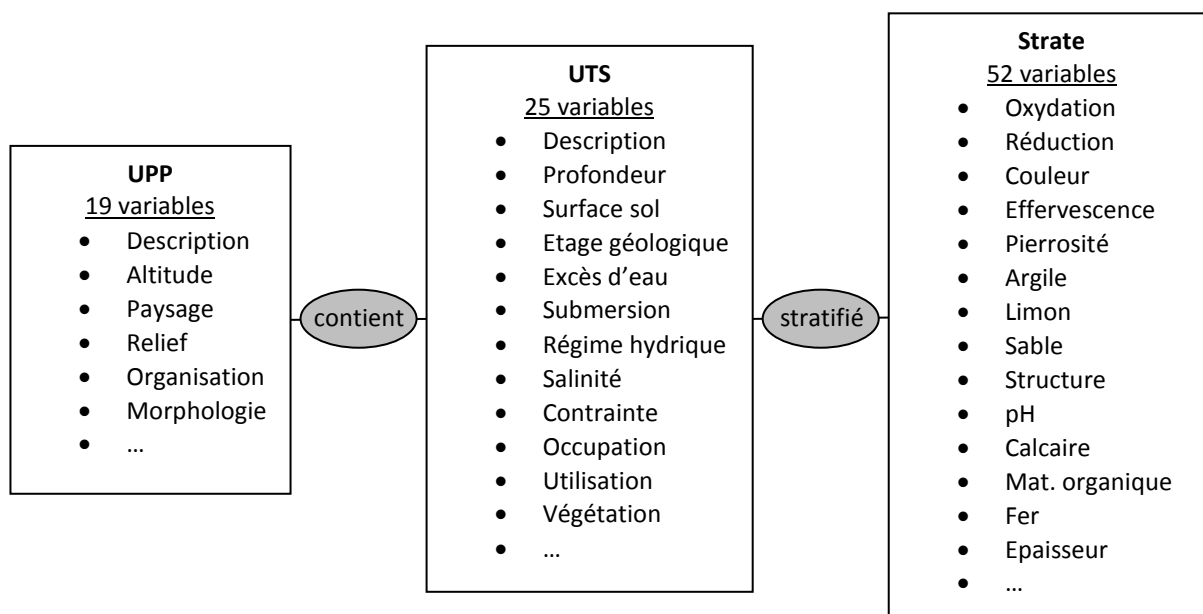


Figure 6 : Structure de la base de données « sol » du Languedoc-Roussillon (INRA, UMR Lisah).

Ce mode de construction apporte donc un biais concernant les surfaces, puisque l'unité cartographiée ne contient pas toujours une seule UTS.

L'unité de sol cartographiée peut comporter différents types de sol mais dans le cadre de ce guide, le choix a été fait de ne représenter que le type de sol majoritaire. Il y a donc des zones où les sols seraient compatibles avec une agroforesterie productive, mais qui n'ont pas été représentées sur la carte car présentant une surface trop faible. A l'inverse, il peut y avoir une partie minoritaire de l'unité de sol retenue qui ne soit pas favorable à l'agroforesterie.

Concernant l'occupation du sol, nous avons utilisé la base de données Ocsol (2006) de l'association Systèmes d'Information Géographique en Languedoc-Roussillon (SIG L-R <http://www.siglr.org/>). Cette cartographie au 1/50 000^{ème} est en effet plus précise que la base de données géographiques Corine Land Cover, qui représente l'occupation du sol au niveau européen au 1/100 000^{ème}. Elle reprend néanmoins la nomenclature de Corine Land Cover.

Dans cette cartographie construite à partir de l'interprétation d'images satellites, les surfaces de vignobles et prairies sont surestimées et les terres arables sont largement sous-estimées à cause d'une erreur d'interprétation des images satellites du logiciel d'exploitation des photographies LANDSAT. Il sera nécessaire d'en tenir compte dans le diagnostic de territoire lors de l'extrapolation des données de potentiel d'implantation de l'agroforesterie.

ANNEXE 2 : ESTIMATION DES QUANTITES DE CARBONE SEQUESTREES EN AGROFORESTERIE

Grâce au mécanisme de la photosynthèse, l'arbre peut fixer du gaz carbonique et le transformer en biomasse (lignine, hémicellulose, cellulose). Le carbone ainsi immobilisé, élément chimique principal du bois, représente un tiers de sa masse pour du bois vert et près de la moitié pour du bois sec. Dans chaque mètre cube de bois sec se trouve ainsi séquestrée en moyenne environ 1 tonne de CO₂.

Sachant qu'un arbre adulte comporte entre 2 et 4 m³ de bois, chaque arbre va fixer environ 2 à 4 tonnes de CO₂, qui seront libérées plus ou moins rapidement selon l'usage qui en sera fait : brûlage, décomposition sur et dans le sol, utilisation pour la construction... Dans ce dernier cas, le carbone restera fixé pour plusieurs décennies.

Le devenir du carbone enfoui dans le sol qui sera stabilisé, décomposé ou utilisé par la pédofaune est plus difficile à approcher avec précision. Les sucres qui composent le bois vont progressivement servir à alimenter toute la chaîne écologique du sol et donc favoriser la respiration et les émissions de carbone dans l'air. De même la décomposition des feuilles et branches va conduire à l'émission de carbone.

Dans les sols agricoles cultivés, les niveaux de matières organiques carbonées sont très bas en comparaison avec ceux des sols forestiers dont le potentiel de stockage est très important et qui de plus sont caractérisés par une cinétique de dégradation assez lente (50 à 100 ans).

L'évaluation de la contribution de l'agroforesterie à la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre nécessite donc de distinguer la fonction de fixation de carbone (photosynthèse), celle de stockage et enfin celle de substitution (remplacement par le bois, d'énergies fossiles ou de matériaux à forte empreinte carbone).

SHROEDER (1994) propose une valeur médiane pour le taux de stockage de carbone dans la biomasse aérienne proche de 4 tC/ha/an en zone tempérée, sur un période de 30 ans. Les travaux de recherche sont cependant encore insuffisants pour disposer d'un bon niveau de connaissance sur les espèces d'arbre les mieux adaptées et sur les densités optimales des plantations.

L'agroforesterie en climat tempéré avec un objectif de séquestration du carbone, a principalement été étudiée en France, au Canada et aux Etats-Unis, où une évaluation de son potentiel a été pratiquée à très grande échelle :

Pratique agroforestière	Surface potentielle estimée aux USA (en millions d'hectares)	Potentiel de stockage carbone (en Mt C). (compartiments aériens et souterrains)
Alignements d'arbres et cultures intercalaires	80	74
Sylvopastoralisme	70	9,0
Haie brise vent	85	4,0
Haie ripisylve	800 000 km de 30 m de large	1,5
Taillis à courte rotation (TCR) et autres pratiques forestières sur les exploitations	2 400 000 km de zones tampons boisées (TCR inclus)	2,0
Total		90,5

Tableau 8: Estimation du potentiel de stockage de carbone grâce aux pratiques agroforestières aux USA d'ici 2025
(adapté de MONTAGNINI and NAIR 2004)

Il en résulte un potentiel considérable, de l'ordre de 2/3 des émissions totales de la France hors UTCF.

EXPERIENCES AU CANADA ET AUX ETATS-UNIS

THEVATHASAN (2004) rapporte que des peupliers agroforestiers (111 arbres/ha), sur des sols limono-sableux de la station expérimentale de Guelph (Ontario, Canada), ont stocké 39 tC/ha sur une période de 13 ans dont 25 tC/ha stockées dans le sol (litière et turn-over racinaire). En comptant le relargage de carbone à travers la minéralisation microbienne et l'activité de respiration de la pédofaune, le potentiel de stockage net pour les peupliers de cette station a été estimé à 1,65 tC/ha/an.

Sur ce même site, PEICHL et al (2006) ont évalué, pour la 13^{ème} année, les pools (biomasse aérienne, racinaire et sol) et les flux (respiration, lessivage) de carbone, en incluant le bilan carbone de la culture intercalaire, un flux net de fixation de 13,2 tC/ha pour l'association peuplier - orge, et de 1,1 tC/ha pour l'association épicéa - orge comparé à un flux négatif de -2,9 tC/ha pour l'orge en culture seule.

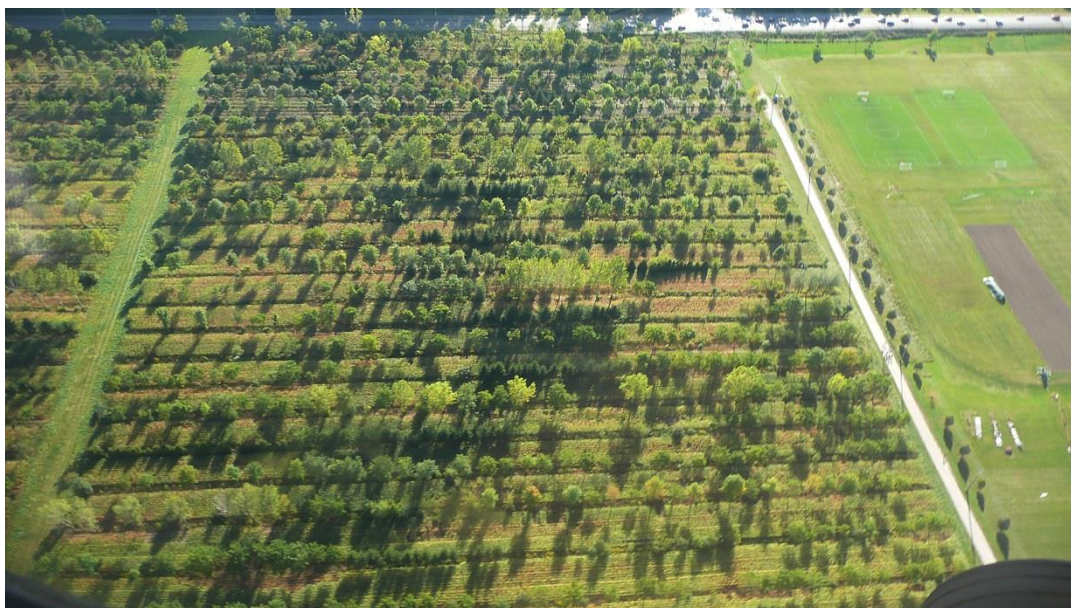


Figure 7 : Photo aérienne du site agroforestier de Guelph au Canada – Crédit photo R. CARDINAEI

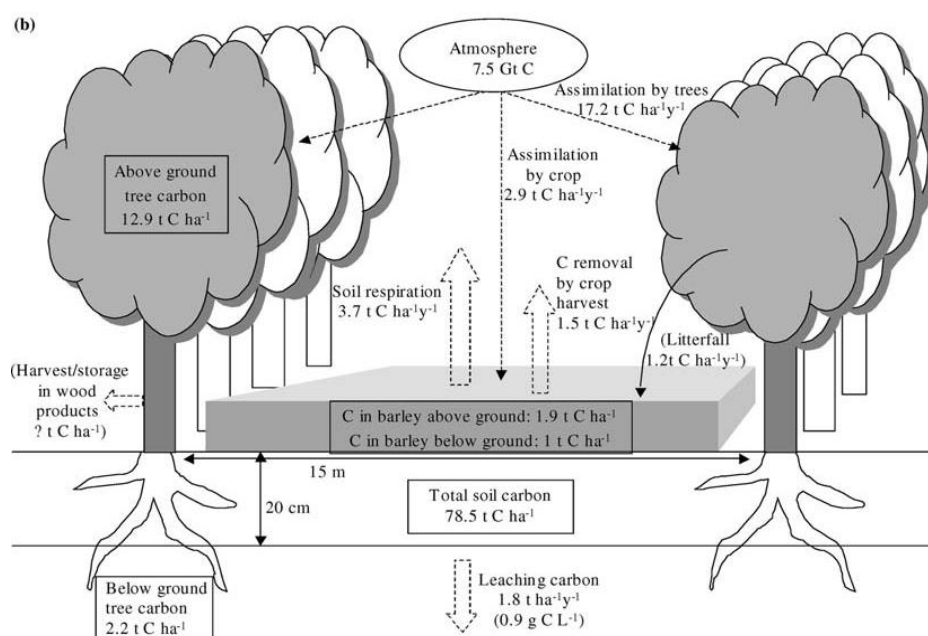


Figure 8 : Modélisation de tous les pools et flux de carbone dans une parcelle agroforestière Station expérimentale de Guelph, Ontario (Canada). Source : PEICHL et al. 2006

En système sylvopastoral au Canada, sur des parcelles de peupliers hybrides (*Populus* sp.) à 111 arbres/ha, le potentiel net de stockage de carbone est de l'ordre de 2,7 tC/ha/an alors qu'il est de moins d'1 tC/ha/an dans une prairie dépourvue d'arbres (Gordon et al. 2005).

SHARROW and ISMAIL (2004) rapporte également un flux potentiel de stockage de carbone en système agroforestier, de l'ordre de 1,11 tC/ha/an, pour une prairie de ray grass et de trèfle complantés avec des Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) de 11 ans.

Au Canada, le potentiel de conversion de terres cultivées en agroforesterie a été estimé à 45,5 millions hectares. En mobilisant la totalité de cette superficie, avec un taux de fixation de seulement 200 kg/ha/an, on pourrait, d'ici 10 à 15 ans, atteindre une séquestration de 20 % des émissions de GES.

Enfin, les travaux de HAILE et al. (2008) montrent que, comparées à une prairie sans arbres, les parcelles sylvopastorales, du fait de la décomposition des racines mortes des arbres qui constituent une source importante de carbone organique dans le sol, séquestrent plus de carbone dans les couches profondes du sol, pour des conditions écologiques équivalentes.

Haies champêtres et bocages

Les équipes de l'INRA de Rennes et d'Orléans ont travaillé sur le carbone organique des sols dans les bocages français (BAUDRY et al. 2000, WALTER et al. 2003). Ces travaux, repris par l'expertise scientifique collective, suggèrent des estimations de flux annuels nets (pour un scénario à 20 ans) de 0,1 tC/ha/an pour 100 ml de haie par hectare (ARROUAYS et al. 2002).

Ces stocks additionnels sont principalement localisés autour de la haie grâce un horizon superficiel préservé et enrichi par la litière aérienne de l'arbuste (feuillage, bois) (FOLLAIN et al. 2007). Même si le rôle des haies et du réseau bocager dans le stockage de carbone est avéré, les données et la connaissance sur le fonctionnement de la dynamique du carbone du sol demandent encore à être consolidées.

On notera que l'United States Department of Agriculture (USDA) estime que si l'on protégeait les 85 millions d'hectares cultivés du centre nord des Etats-Unis, en bordant 5 % de cette surface avec des haies, on pourrait stocker 58 millions de tonnes de carbone en 20 ans soit 2,9 millions tC/an.

Les projets agroforestiers intra-parcellaires

Parcelle de Vézénobres (Gard) : peupliers (13 ans)

Depuis 13 ans, les peupliers agroforestiers de la station expérimentale de Vézénobres, située en climat méditerranéen, ont stocké dans le tronc et les branches environ 540 kgC/arbre (DUPRAZ communication personnelle). Auxquels il faut rajouter 60 kgC/arbre pour la part de stockage estimé de carbone dans les racines.



Figure 9 : Excavation et mesure de la biomasse racinaire des peupliers par l'équipe INRA de Montpellier à Vézénobres (Gard) Crédit photo : N. Girardin

Au total, les 140 peupliers de la parcelle agroforestière de Vézénobres ont donc été capables de stocker 84 tC en 13 ans dans leur biomasse ligneuse aérienne et souterraine. L'évaluation du stock de carbone dans le sol n'a pas donné de résultats exploitables suite au décapage de la couche étudiée (0 - 30 cm) occasionné par une forte inondation en 2002. Les estimations du stock de carbone organique pour l'horizon 0 - 20 cm seraient d'environ 100 tC/ha (CASDAR 2008) et, a priori, ne seraient pas différentes du stock de carbone du témoin agricole sans arbre, laissant supposer une faible, voire inexistante, séquestration dans un sol sableux et en climat méditerranéen.

Au total, le potentiel de stockage de carbone dans la composante arborée serait donc de 6,5 tC/ha/an pour une parcelle agroforestière (140 peupliers/ha) sur sol limono-sableux en climat méditerranéen.

Parcelle des Eduts (Charente Maritime) : noyers noirs (30 ans)

Pour ce projet agroforestier avec des noyers noirs (*Juglans nigra*) sur sol de grois superficiel en climat océanique, on a pu estimer la capacité de stockage à 190 kgC/arbre en 30 ans (CASDAR 2008) dans la partie aérienne et environ 100 kgC/arbre dans les racines de structure (GAVALAND et BURNEL 2005, GAVALAND - communication personnelle), soit un potentiel de stockage de carbone dans la composante arborée de 20 tC/ha sur une période de 30 ans, ou encore 0,66 tC/ha/an.



Figure 10 : Parcelle agroforestière des Eduts composée de noyers et merisiers de 30 ans (Charente Maritime) Photo : F. LIAGRE
En profondeur, les racines principales et secondaires constituent un stock important de carbone.

A cela s'ajoute le carbone stocké dans le sol à travers le turn-over des racines fines et la dégradation de la litière aérienne des arbres. Ce stock a été estimé en faisant la différence entre le stock actuel en témoin agroforestier et en témoin agricole sans arbres. La différence de valeurs en termes de carbone organique donne environ 20 tC/ha entre les 2 témoins.

Cette différence pourrait également être expliquée par l'effet de l'agroforesterie sur le déstockage du carbone initial. En effet, ces deux parcelles sont issues de parcelles forestières qui ont été complètement déboisées avant leur exploitation agricole. Le déstockage de carbone lié au déboisement pourrait avoir été ralenti par la mise en place du maillage agroforestier. Mais cet effet sans doute assez faible n'a pu être mesuré ici.

Le potentiel total de la parcelle avoisine donc 40 t C/ha en 30 ans soit un stockage potentiel de 1,3 t C/ha/an pour une plantation de noyers noirs (70 arbres/ha) sur sols argilo-calcaires superficiels en climat océanique.

Parcelle de Restinclières (Hérault) : noyers hybrides (20 ans)

Les noyers hybrides de la station de Restinclières (*Juglans regia* x *nigra* / 80 arbres/ha) sont associés à des cultures céréalières depuis maintenant 20 ans. Les travaux menés par l'INRA et l'IRD de Montpellier sur la fixation annuelle moyenne des noyers dans la biomasse aérienne et souterraine conduisent à une estimation de 0,3 tC/ha/an de carbone stocké dans le sol lors des 20 premières années et à 0,85 tC/ha/an de carbone fixé dans la biomasse aérienne (CARDINAEL R. et al, 2014). Le stockage potentiel cumulé (biomasse de l'arbre et carbone du sol) avoisine ainsi les 1,15 tC/ha/an pour des parcelles de 80 noyers hybrides/ha.

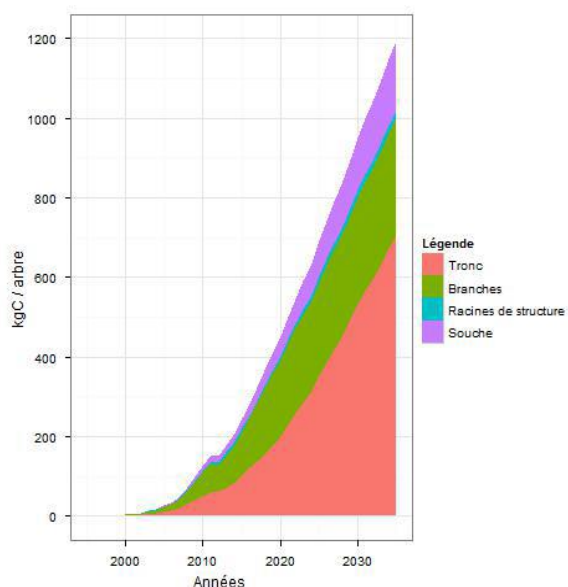


Figure 12 : Simulation de la parcelle de Restinclières (noyers hybrides/blé dur) avec le modèle Hi-sAFé (Source INRA Montpellier)



Figure 11 : Mesure de la biomasse aérienne des noyers hybrides - station INRA de Restinclières (Hérault)
Crédit photo : C. DUPRAZ

Pour bien appréhender le potentiel carbone de l'agroforesterie, il est important de noter que les cinétiques de séquestration du carbone sont loin d'être linéaires et homogènes d'un compartiment de l'arbre à l'autre. La figure ci-contre, réalisée grâce aux simulations issues du modèle Hi-sAFé conçu par l'INRA en fournit une bonne illustration. Les premières années après la plantation, l'arbre stocke très peu de carbone et au bout de 10 ans, la quantité séquestrée reste encore peu significative. Ce n'est que pendant le dernier tiers de la vie

de l'arbre que des quantités conséquentes seront séquestrées. Après 40 ans, le tronc de l'arbre aura ainsi stocké plus de 600 kg de carbone. Une agroforesterie à vocation carbone ne peut donc prendre tout son sens qu'en s'inscrivant dans le long terme de façon à atteindre ces ratios élevés de stockage.

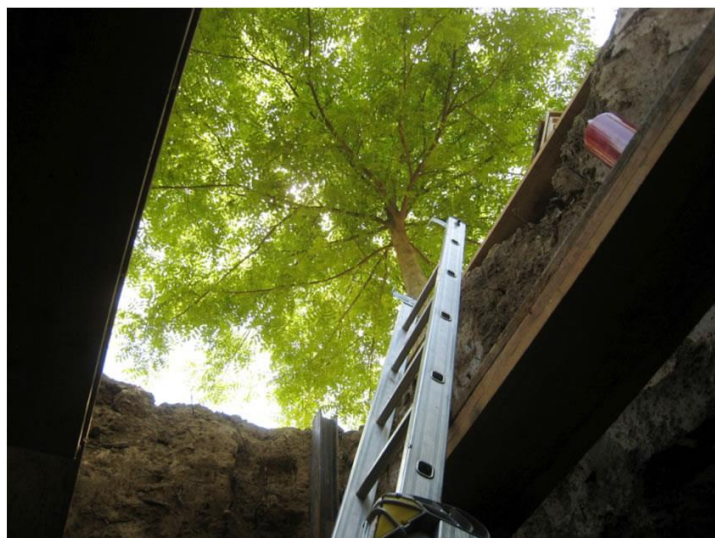


Figure 13 : Fosse de 4 mètres de profondeur réalisée sur le site de Restinclières afin de mesurer l'accroissement racinaire annuel grâce à l'utilisation de rhizotrons permettant d'observer le développement des racines – Crédit photo : R. CARDINAE.

QUELLES HYPOTHESES RETENIR ?

A partir des travaux de recherche menés en France et en Amérique du Nord, on peut estimer que la création d'une parcelle agroforestière conduit à stocker annuellement en moyenne entre 1,1 et 3 tC/ha pour des densités de peuplement comprises entre 50 et 100 arbres/ha.

En comparaison, un hectare forestier moyen permet de stocker 1 tC/ha/an (CHEVASSUS-AU-LOUIS 2009) et une production agricole conduite avec des techniques culturales simplifiées, sans labour par exemple, 0,3 tC/ha/an.

Le potentiel de l'agroforesterie reste toutefois inférieur à celui du boisement des terres agricoles, pour lequel le stockage est estimé à environ 6 tC/ha.

La conversion en agroforesterie de terres arables ou de prairies représente donc un potentiel de stockage non négligeable sur le long terme, d'autant plus que les parcelles agroforestières, contrairement aux forêts, mobilisent des sols avec des stocks initiaux quasi nuls.

Afin de ne pas surévaluer les quantités de carbone séquestré, on retiendra une valeur moyenne du potentiel de stockage d'une parcelle agroforestière égale à la moitié de l'évaluation du stock final issue des travaux recherche.

Type d'arbres	Durée de la rotation	Densité d'arbres	Potentiel de stockage unitaire (tC/ha/an)	Stockage maximal sur la durée de la rotation (tC/ha)	Stockage moyen sur la durée de la rotation (tC/ha)
Croissance lente	50 ans	50 arbres /ha	1,1	55	37,5
Croissance lente	50 ans	100 arbres/ha	3	150	75
Croissance rapide	15 ans	50 arbres/ha	2	30	15
Croissance rapide	15 ans	100 arbres/ha	4	60	30

Tableau 9 : Potentiel de stockage de quatre systèmes agroforestiers

Ces valeurs proposées restent des estimations moyennes et il faut garder en mémoire que l'efficacité de la séquestration du carbone dépend des conditions pédoclimatiques, des essences plantées et de la gestion des systèmes. Le stockage du carbone dans les sols et son évolution en lien avec les processus biogéochimiques et biologiques restent encore l'objet d'études, notamment au travers du projet de recherche AGRIPSOL⁹.

⁹ Agroforesterie pour la protection des sols – Etude de l'impact des arbres agroforestiers sur le fonctionnement biogéochimique du sol – Projet coordonné par AGROOF et financé par l'ADEME.

ANNEXE 3 : ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE ENERGIE EN AGROFORESTERIE

La biomasse énergie peut se trouver sous trois principales formes : le bois bûche, les plaquettes et les granulés.

<p>Le bois bûche</p> 	<p>Généralement obtenu à partir de tronçons de diamètre supérieur à 20 cm, les volumes produits sont mesurés en stère (empilement de bûches dans un volume d'1 m³). En 2010, le bois bûche représentait encore 80 % du bois énergie consommé en France (France Bois Forêt, 2012). C'est la forme de bois énergie qui demande le moins de transformation, mais qui présente le désavantage d'être encombrante et d'avoir un rendement énergétique dégradé par rapport aux plaquettes ou aux granulés.</p>
<p>Les plaquettes (bois déchiqueté)</p> 	<p>Elaborées à partir de tronçons de diamètre inférieur à 25 cm ou de rémanents déchiquetés (écorce, brindille, houppier). Les volumes produits sont mesurés en mètre cube apparent (MAP). Le marché de ces produits est souvent organisé au niveau local de façon à mettre en cohérence l'offre et la demande. S'engager dans cette production nécessite de disposer de volumes de bois relativement importants. Dans le cas de faibles chantiers d'abattage ou de taille, l'exploitation des rémanents n'est pas rentable économiquement sauf pour assurer les besoins propres de l'exploitation agricole.</p>
<p>Les granulés ou pellets</p> 	<p>Fabriqués à partir de sciures de bois compressées formant ainsi un combustible dense avec une masse volumique voisine de 0,65 t/m³, ils sont utilisés dans des équipements de chauffage automatisés. La combustion de 1m³ de granulés apporte une quantité d'énergie équivalente à 3 – 4 m³ de plaquettes (CRPF Poitou Charente, 2009). Leur production requiert toutefois plus d'énergie de transformation.</p>

Selon les essences en place, les conditions climatiques et les modalités de sa gestion, une haie peut produire de 2 à 9 tMS/ha/an de bois énergie. Pour être rentable, la transformation de cette biomasse demande un bon niveau de mécanisation. Sur ce point, on se réfèrera au retour d'expérience de plus en plus fourni des différentes CUMA concernées.

Des expérimentations et modélisations, réalisées dans cadre du projet CasDAR 2011 « Améliorer l'efficacité agroenvironnementale des systèmes agroforestiers en grandes cultures », ont permis d'estimer la production de bois énergie dans d'autres systèmes agroforestiers innovants.

Trois d'entre eux ont particulièrement été étudiés au regard de leur faisabilité technico-économique :

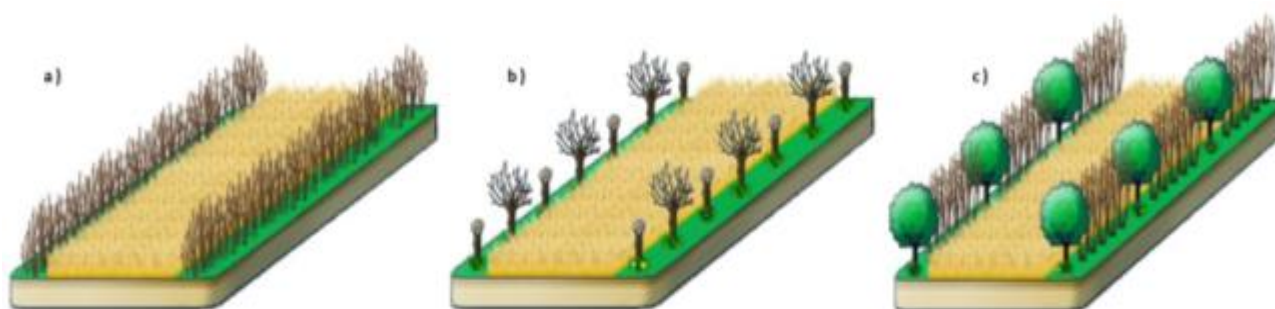


Figure 14 : Différentes configurations agroforestières à vocation de production de biomasse énergie

- a) Des alignements de taillis linéaires à courte rotation avec des densités de 800 à 2 200 sujets/ha selon la largeur plantée (chaque bande de taillis comprend 2 lignes de plants distants chacun de 0,5 m), facilement mécanisables, qui permettraient de produire en 4 ans, de 10 à 13 tMS/ha pour un usage de BRF¹⁰ ou de plaquettes.
- b) Des systèmes intégrant des alignements de trognes¹¹ récoltées tous les 7 ans dès la 15^{ème} année qui permettraient de produire de 7 à 11 tMS/ha pour des densités de 50 à 100 arbres/ha. Dans une configuration agroforestière moderne, la récolte des houppiers peut présenter des difficultés de rendement et la mécanisation sera un enjeu important.
- c) Un système mixte avec des cépées (100 – 150 arbres/ha) entre des arbres de haut-jet (20 – 30 arbres/ha) qui permettrait de récolter en 7 ans, de 6 à 8 tMS/ha de bois énergie.

Le tableau suivant (Béral et Ori 2012) présente les potentiels de production de ces trois systèmes en comparaison avec des scénarios de taillis à courte et très courte rotation (TTCR).

	Taillis	Trognes	Cépées avec arbres de haut-jet	TTCR	TCR
Intervalle de récolte de biomasse (ans)	3 à 5	4 à 8	6 à 8	2 à 3	7 à 10
Production par intervalle de récolte (t MS/ha)	10 à 13	7,4 à 11,3	5,7 à 7,6	16 à 36	56 à 180
Investissement initial (€/ha)	293 €	725 à 943 €	918 €	1 740 €	1 204 €
Surfaces nécessaires pour produire 200 MAP sec/an de bois énergie (ha)	19 à 20	22 à 34	47 à 61	4,2 à 6,3	2,8 à 6,3

Tableau 10 : Potentiels de production de biomasse énergie pour différents systèmes agroforestiers

On trouvera plus de détails pratiques (modalités de calcul, rentabilité des projets...), extraits du retour d'expérience et de simulations numériques sur http://www.agrooof.net/agrooof_dev/documents/casdar0911/rapport_biomasse.pdf qui constitue un outil d'aide à l'aménagement et à l'expérimentation de projets agroforestiers.

¹⁰ BRF (bois raméal fragmenté) : copeaux élaborés à partir de rameaux broyés de faible diamètre, souvent utilisés en paillage pour leur richesse en éléments minéraux.

¹¹ Depuis longtemps, les trognes isolées sont utilisées dans différentes régions de France.

ANNEXE 4 : EXEMPLE D'UN QUESTIONNAIRE D'ENQUETE POUR UN DIAGNOSTIC D'EXPLOITATION

1/ L'interviewé, sa propension à innover

Interviewé(e) :

- Son âge, son origine géographique, l'origine de son lien avec l'agriculture
- Sa formation professionnelle
- Son parcours personnel, ses éventuelles activités avant son installation
- Son installation (date, conditions)
- Son entourage proche : situation familiale (précisions sur les membres de la famille et leurs rôles respectifs dans l'exploitation)
- Ses activités annexes à son exploitation : vie associative, vie locale, ses responsabilités politiques, syndicales ou représentatives dans le domaine agricole

Son analyse de l'agriculture :

- Sa pratique actuelle, état des lieux
- Sa vision de l'avenir : comment l'agriculture va-t-elle évoluer ?
- La situation idéale : pour lui et son entreprise
- Pour la société : quelle agriculture ? Quelle campagne ?
- Comment pourrait-on y parvenir ?

Ses préoccupations personnelles et ses projets :

- Ses préoccupations et les points qui lui posent problème dans son système de production actuel
- Ses projets pour l'exploitation et comment compte-t-il s'y prendre : investissements, conseils, formation...
 - à court terme, d'ici 3 - 5 ans
 - à plus long terme, d'ici 10 - 15 ans

2/ L'exploitation agricole

Forme juridique

Nombre d'associés, durée du partenariat, expériences passées d'association

Equivalent UTH, emplois saisonniers, enfants et femme participant (quels ateliers, tâches)

Repreneur potentiel, degré de certitude – avis personnel sur l'intérêt de la reprise

Organisation du travail, répartition des tâches / main d'œuvre

Détailler une journée type, semaine type / saison

Détailler l'organisation de WE et vacances

3/ La stratégie globale de gestion de l'exploitation

Historique de l'exploitation :

- L'exploitation avant son installation, grandes évolutions et leurs origines
- Situation à l'installation
- Les évolutions en cours, les changements et leurs motivations

Modes de valorisation, de commercialisation (label, certifications...)

Que pense-t-il de la conditionnalité à venir (PAC) ? Pourquoi ?

Engagement volontaire et démarche agroenvironnementale (MAE, CAD, PVE...). Raisons ?

4/ La stratégie de production

SAU totale, règle d'assolement, nature du parcellaire (nombre/taille des parcelles, îlots, dispersion, accès, qualité)

Disposition des bâtiments

Organisation spatiale (bâtiments et parcellaire)

SAU en propriété / en fermage (%) – Type de bail et contrat, bail à clauses environnementales

SFP décomposition précise (dont % plantes fourragères annuelles ou pérennes)

Sole SCOP et autres (par culture) (en %)

Répartition prairies permanentes et temporaires au sein de la SFP

Rotations (successions) types, surfaces et types de sol réservés à ces rotations

ITK détaillé (produits, dates, doses, fréquences) (par culture):

- *Conduite des cultures (traitements, fertilisation, irrigation...)*
- *Conduite des inter-cultures (nature, période d'implantation, de destruction, méthodes employées...)*
- *Conduite des prairies (traitements, fertilisation, durée...)*

Mécanisation (matériels de travail du sol, de désherbage, de semis, de broyage)

Méthode de gestion de la fertilisation azotée, nature des intrants azotés (organique, minéraux, valorisation de matières organiques importées...), modalités de gestion des effluents d'élevage...

Approvisionnement phytosanitaire, fertilisants, semences (diversité des sources et donc du conseil)

Objectifs de rendement fixés (par culture) = niveau de production moyen

Ecart du rendement effectif par rapport aux objectifs (par culture) et raisons supposées de l'écart

Cheptel (nombre animaux/catégories, races, organisation spatiale et temporelle de la gestion du troupeau, système fourrager, alimentation des animaux, ration/saison et origine des aliments)

Volume/quantité de production (grains, lait, animaux...)

5/ Quel potentiel d'innovation

La nature des conseils/échanges au cours de discussions formelles: techniciens, conseillers (CA, association de développement, GAL, syndicats de rivière ou de bassin versant...)

Participation à des groupes d'échange : de terres, de matériels, de techniques

Dispose-t-il de conseils informels : syndicats, investissement politique, voisins, fournisseurs, clients ?

Autres sources de conseil et d'information : journaux et revues, radio, télévision, internet (sites ?), lectures, conférences...

6/ Perception de l'impact de son exploitation sur l'environnement
<i>Identification et localisation au sein ou à proximité de phénomènes d'érosion, de colmatage du réseau hydrographique, de destruction passée, ou probable, d'infrastructures agro-écologiques (haies, bosquets, mare...), de bétouilles, de décharges sauvages...</i>
<i>Prise de conscience des effets négatifs sur les compartiments environnementaux (eau, sol, air, biodiversité, paysage commun)</i>
<i>Participation à des diagnostics agroenvironnementaux : nombre, nature, raison, compartiments ciblés, fréquence</i>
<i>Engagement volontaire ou contraint</i>
<i>Opportunité momentanée (€), obligation pour subvention supplémentaire ou décision personnelle</i>
<i>Projets réalisés ou en cours de modernisation (isolation, performance...) des outils de production (bâti, machinisme, traction, chauffage renouvelable solaire, géothermie, éolien)</i>
<i>Priorisation des enjeux sur son exploitation (sols/érosion, eau/pollution, revenus/diversification ou densification, réchauffement climatique/consommation azote, pesticides et carburant, biodiversité/aménagements pollinisateurs, jachères cynégétique ou paysagère / haies, vergers, reboisement, remise en herbe...</i>
<i>Degré d'acceptabilité de l'implantation sur son parcellaire d'infrastructures agro-écologiques (haies, fascines mécaniques ou vivantes, TCR/TTTCR, agroforesterie, remise en herbe, reboisement, lignes d'arbres dont têtards, culture biomasse...) ou de modification des pratiques de mécanisation (strip till, SD, SDSCV, TCS, pulvérisation autoguidée, carte de rendement et d'application...)</i>

7/ Degré d'acceptation ex-ante de l'agroforesterie
<i>Considération sur le rôle de l'arbre</i>
<i>Présence d'arbres sur l'exploitation, description (nombre, surface, essences, rôle)</i>
<i>Quelle est la gestion de ces arbres ? Qui les gère ?</i>
<i>A-t-il planté des arbres ?</i>
<i>Les arbres peuvent-ils être le support d'innovation ou de diversification ?</i>
<i>Connaissance de l'agroforesterie</i>
<i>Définition et sources d'informations</i>
<i>Connait-il des exemples ? A-t-il visité des projets ?</i>
<i>Qu'en pense-t-il à priori ?</i>
<i>Après une présentation diaporama, questions sur la faisabilité de l'agroforesterie sur son exploitation</i>
<i>Quelles seraient les motivations à la mise en place d'un projet ?</i>
<i>Quelles seraient les contraintes ?</i>
<i>Quelles motivations pour un projet agroforestier, avec quels objectifs de production ou de commercialisation envisagés ?</i>
<i>Quels genres de sol, de parcelle pourraient être disponibles pour accueillir un projet agroforestier ?</i>
<i>Quelles successions / rotations pourraient héberger un tel système ?</i>
<i>Pourquoi telle culture ne serait pas concernée ?</i>
<i>Quelles contraintes matérielles, organisationnelles voire culturelles devraient être levées ?</i>
<i>Dans quelles conditions (€ comme contractuelles) s'engagerait-il? Quelle serait la part de financement qui serait assumée ?</i>
<i>Quelles ressources (humaine, expertise, conseil...) devraient lui être allouées ? Qui devrait fournir ces ressources ?</i>
<i>Si un propriétaire lui propose un projet sur ses terres en fermage, serait-il prêt à collaborer ? A quelles conditions ?</i>
<i>Selon lui, comment faire pour intéresser les agriculteurs à cette pratique ? Comment les sensibiliser ?</i>
<i>Connait-il quelqu'un qui serait susceptible de se lancer ?</i>
<i>Souhaite-il visiter une parcelle ? Etre recontacté pour un rendu ou des réunions d'information ?</i>

ANNEXE 5 : DIAGNOSTIC AGROFORESTIER SUR LE TERRITOIRE DU PCET DU PARC NATUREL REGIONAL DE LA NARBONNAISE EN MEDITERRANEE ET DE L'AGGLOMERATION DU GRAND NARBONNE

DIAGNOSTIC DE TERRITOIRE

Ce PCET engagé, depuis 2008, concerne un territoire dans l'ensemble à caractère plutôt rural, riche d'une grande diversité de milieux naturels dont certains sont classés au sein du parc naturel régional. En moyenne sur la période de 1999 à 2006, la progression démographique est restée forte, environ 1,8 % par an. Les activités économiques locales sont orientées autour du tourisme, de la viticulture et des services.

L'agriculture représente 4 % des consommations énergétiques et 5 % des émissions de gaz à effet de serre du territoire. Elle est largement dominée par la viticulture qui occupe 85 % de la SAU du territoire.

Ce territoire présente un potentiel intéressant avec environ 40 % des surfaces agricoles favorables pour une agroforesterie stable.

QUI SONT LES AGRICULTEURS RENCONTRES ?

Les entretiens ont été effectués sur une période d'un mois et demi, entre octobre et novembre 2012. Sur 50 agriculteurs contactés, 29 ont pu être rencontrés. Les viticulteurs enquêtés sont en conduite conventionnelle (28 % d'entre eux se disent en conduite raisonnée mais ne sont pas certifiés). Ils produisent des vins de pays (IGP), des vins AOC et des vins de table sur un parcellaire viticole pouvant aller de 1,5 à 35 ha. La moyenne d'âge des exploitants est relativement élevée (54 ans). Certains d'entre eux continuent de chercher à diversifier leurs productions.

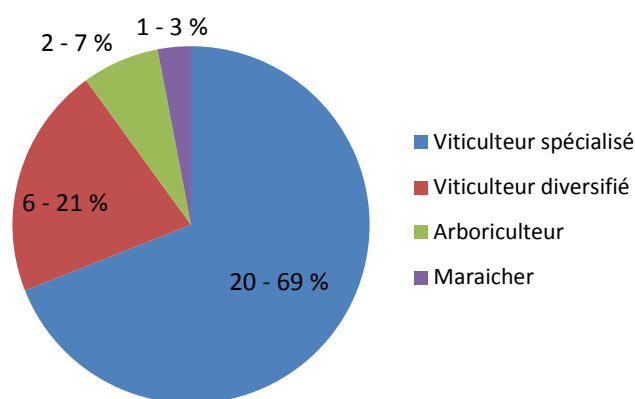


Figure 15 : Typologie des exploitations agricoles interviewées
PCET du PNR de la Narbonnaise (Nombre d'exploitations – Pourcentage)

La majorité des viticulteurs rencontrés est associée à la cave viticole de Névian. Créée en 1936, cette coopérative fédérait en 2003, 197 membres, répartis sur les communes de Névian, Marcorynan, Narbonne, Cruscades, Saint Marcel et Villedaigne. Depuis 1973, la cave coopérative est adhérente au groupement du Val d'Orbieu (rassemblant plus de 1 500 viticulteurs). En 2003, suite à un contrat signé avec EDF, la cave lance la marque « Domaine des Éoliennes », un vin de Pays d'Oc dont le nom souligne bien le caractère venteux du secteur.

A proximité immédiate de Narbonne, derrière les zones commerciales et industrielles, les vignobles se s'entremêlent avec des oliveraies, des friches ou des garrigues. Plus à l'écart de l'urbanisation, dans les vallées de l'Orbieu et de l'Aude, la viticulture s'impose quasi exclusivement dans le paysage.

Le faible coût d'achat de l'hectolitre de vin et les rendements demandés par la cave coopérative dictent le cahier des charges des viticulteurs : désherbage systématique sur et entre les rangs de vigne, travail répété du sol, traitements phytosanitaires, utilisation d'engrais et irrigation. Au final, les revenus sont faibles en comparaison du travail effectué. Les viticulteurs n'ont pas de temps à consacrer à des thématiques qu'ils jugent annexes. Ils se trouvent en quête perpétuelle d'efficacité dans leurs pratiques afin de conjuguer performance des rendements, viticulture de qualité et, si possible, respect de l'environnement.

COMMENT VOIENT-ILS LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Dans l'ensemble, les agriculteurs du Narbonnais font les mêmes constats que ceux de la région de Montpellier. Ils notent la survenance de sécheresses estivales qui ont un impact sur la production viticole. Les inondations sont également mises en avant comme étant plus fréquentes et plus violentes qu'autrefois. Une plus grande précocité des vendages est souvent mentionnée comme un des effets tangibles et négatifs du changement climatique. Plusieurs viticulteurs semblent résignés devant ces évolutions qui leur paraissent inéluctables.

L'irrigation de la vigne, les progrès de la génétique ou la diversification des productions sont parfois signalés comme de possibles actions d'adaptation.

QUELLE PERCEPTION ONT-ILS DE L'AGROFORESTERIE ?

La terminologie agroforesterie, encore récente, est parfois mal interprétée par les agriculteurs qui confondent cette pratique avec le boisement de terres agricoles ou les taillis (très) courtes rotations (TTCR), même si les exemples des systèmes agroforestiers méditerranéens traditionnels restent encore dans certaines mémoires.

Une très large majorité d'agriculteurs sont curieux de cette pratique, jugée intéressante malgré des questionnements récurrents. Ainsi, 38 % des agriculteurs s'interrogent sur la pertinence de l'agroforesterie sur vigne, son adéquation avec la nature des sols et le temps de travail supplémentaire qu'elle suppose.

Lors de ces entretiens, les bénéfices les plus souvent cités de la présence des arbres au sein des cultures sont d'ordre agronomique par effet brise-vent notamment, ou paysager avec des répercussions sur la qualité du cadre de vie donc de travail et sur la valorisation touristique des vignobles.

On s'attend à ce que l'arbre interfère avec la vigne, en surface et dans la structure des sols. L'arbre assurerait ainsi une fonction de ralentissement du vent qui dessèche la vigne et de tempérence des effets du soleil. L'arbre serait également au service de la vigne en profondeur en puisant des minéraux aussi bien dans les plaines alluviales que dans les sols des garrigues calcaires.

Les services environnementaux rendus par les arbres (qualité de l'eau, préservation de la biodiversité, stockage de carbone) sont moins bien appréhendés par ce public d'agriculteurs. Les ressources financières dégagées par la valorisation des produits des arbres (bois énergie et fruits) ne sont pas, non plus, particulièrement signalées. Au mieux, on en attend un revenu d'équilibre permettant de financer l'entretien des arbres. La capitalisation « bois d'œuvre », s'inscrivant sur le trop long terme, intéresse encore moins.

Les enquêtes réalisées ont permis de rencontrer plusieurs agriculteurs dont les surfaces d'exploitation cumulées correspondent à environ 5 % des surfaces disponibles pour une agroforesterie « carbone ».

De manière générale, les viticulteurs du Narbonnais ne souhaitent pas intégrer l'arbre dans leur système productif. Les agriculteurs intéressés ont principalement moins de 50 ans et souhaitent essentiellement s'en tenir à la plantation de haies autour de leurs parcelles.

Seulement, 3 agriculteurs (10 %) envisagent des projets avec des alignements intra-parcellaires de bois d'œuvre.

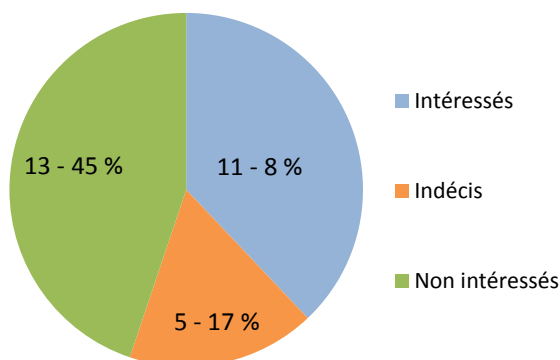


Figure 16 : Positionnement des agriculteurs par rapport à l'agroforesterie
PCET du PNR de la Narbonnaise (Nombre d'exploitations – Pourcentage)

Un peu moins de 20 % d'entre eux ne sont résolument pas intéressés soit parce qu'ils voient cette pratique comme une régression technique, soit parce que les bénéfices sont de trop long terme au regard des investissements nécessaires, soit, enfin, parce qu'ils jugent cette technique incompatible avec la vigne.

L'arbre champêtre se trouve ainsi relégué en bordure de parcelle afin d'améliorer l'image de l'exploitation avec une fonction de brise-vent ou de réducteur des phénomènes érosifs liés aux intenses épisodes pluvieux, notamment automnaux, caractéristiques du bassin méditerranéen. On le retrouve aussi sur les talus, dans les fossés, aux bords des rivières et des chemins ; toutes ces surfaces aujourd'hui improductives mais qui sollicitent l'intervention des viticulteurs, pour les maintenir dans un état minimum de propreté.

Certains viticulteurs rattachés à des caves coopératives se disent intéressés sous réserve que les rendements, paramètre important vis-à-vis des autres adhérents et du conseil d'administration de la cave, ne soient pas impactés. Les viticulteurs les plus motivés sont généralement en cave particulière. Moins dépendants de cette contrainte de rendement, ils peuvent conduire leur exploitation avec des objectifs plus variés qui intègrent l'amélioration de la qualité des sols, de la biodiversité et des paysages.

QUEL EST LE POTENTIEL DE SEQUESTRATION DE L'AGROFORESTERIE ?

Le PCET du parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée et de l'agglomération du Grand Narbonne possède une superficie totale disponible, favorable à l'agroforesterie, évaluée à 12 054 ha.

Si on retient que 10 % des agriculteurs concernés par ces terrains seraient motivés pour se lancer en agroforesterie « carbone » intra-parcellaire sur 5 à 15 % de leur SAU, ce PCET disposerait d'un potentiel mobilisable de 60 à 181 ha, soit un potentiel de stockage carbone de 27 tC/an à 136 tC/an ou encore 100 à 500 tCO₂/an¹². Ces surfaces permettraient ainsi de compenser les émissions énergétiques directes liées à l'activité domestique de 17 à 83 personnes par an sur une période de 40 ans.

Par ailleurs, 28 % des agriculteurs rencontrés envisagent de planter des haies, qui ont aussi une capacité de séquestration du carbone. En considérant un potentiel minimum de 0,1 tC/ha/an pour 100 ml/ha et sachant qu'un agriculteur peut aménager de 10 à 70 % de sa SAU avec 100 ml/ha, les haies représenteraient un potentiel de stockage supplémentaire de 34 tC/an à 236 tC/an soit 124 à 867 tCO₂/an, qui correspondent à l'activité domestique de 20 à 145 personnes par an.

Alors qu'en mobilisant une large part des surfaces agricoles adaptées, on imaginait que l'agroforesterie pourrait constituer un bras de levier efficace pour contrebalancer les émissions de gaz à effet de serre sur ce territoire de PCET, l'exploitation des résultats des enquêtes de terrain conduit à un constat autrement moins optimiste. Les réticences culturelles, les contraintes économiques et techniques réduisent drastiquement les superficies potentiellement mobilisables et l'agroforesterie ne peut plus apparaître comme étant une technique à la hauteur des enjeux de maîtrise des émissions à l'échelle d'un PCET.

Sur le Narbonnais, 17 % des agriculteurs ont été identifiés, avec des degrés de réticence différents, comme étant encore indécis vis-à-vis de l'adoption de l'agroforesterie. En supposant que l'on puisse tous les convaincre et en conservant le même taux d'implantation sur les exploitations, compris entre 5 et 15 %, on peut espérer un stockage supplémentaire de carbone de 173 à 520 tCO₂/an⁶. Ces surfaces permettraient de compenser les émissions énergétiques liées à l'activité domestique de 29 à 87 personnes par an sur une période de 40 ans.

Au total, en cumulant toutes les potentialités de séquestration on arrive à une estimation comprise en **400 et 2 000 tCO₂/an** ce qui représente entre **0,2 % et 0,9 %** de l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre annoncé par le PCET à échéance 2020, (15 % des émissions de 2006 soit 220 000 teqCO₂).

Pour accroître l'efficacité « carbone » de l'agroforesterie, il sera alors nécessaire de dépasser ces taux d'implantation au sein des exploitations, voire de mobiliser d'autres surfaces qui n'ont pas été identifiées comme très favorables dans ces premières approches.

¹² Calculé avec des potentiels minimum de 0,75 tC/ha/an pour 50 arbres/ha et 0,45 tC/ha/an pour 30 arbres/ha

ANNEXE 6 : EXEMPLE D'UNE GRILLE DE DIAGNOSTIC DE PROJET

Une fois renseignée la grille de diagnostic peut également faire office de dossier de demande de subvention qui comportera deux parties : la description technique du projet et l'estimation du budget correspondant.

Afin de s'assurer de la pérennité du projet, des conventions de partenariat peuvent s'imaginer entre le porteur de projet et la collectivité. Le cahier des charges de la mesure 222 du PDRH pourra être utilisé dans l'acte d'engagement entre les deux parties.

DESCRIPTION TECHNIQUE DU PROJET

Date

1. Présentation de l'exploitation agricole et du projet

Exploitation agricole

Nom et Prénom :

Forme juridique :

SAU :

Adresse :

Téléphone :

Mail :

Contenu du projet

Objectifs et intérêts du projet

Caractéristiques de la parcelle (Cf. carte jointe)

Surface cadastrale:

Surface cultivable :

Localisation :

Eligibilité :

Utilisation actuelle :

Type de sol :

Description de la fosse pédologique (1 mètre profondeur) :

Dimensions du matériel utilisé

Travail du sol :

Semis :

Traitement :

Récolte :

Système d'irrigation :

Autres :

2. Dispositif agroforestier :

Implantation

Agroforesterie intra-parcellaire

Distance entre les lignes d'arbres :

Distance entre les arbres sur le rang :

Largeur cultivée :

Largeur des fourrières :

Nombre de rangs :

Nombre de tiges par rang :

Orientation des rangs :

Nombre d'arbres intra-parcellaires :

Haies

Linéaire de haies :

Haies simples :

Ecartement sur la ligne :

Haies doubles :

Ecartement sur la ligne :

Ecartement entre les 2 rangs :

Nombre d'arbres ou de haies :

Nombre total d'arbres : arbres/arbustes/lianes

Cultures

Cultures intercalaires :

Type de cultures et rotations :

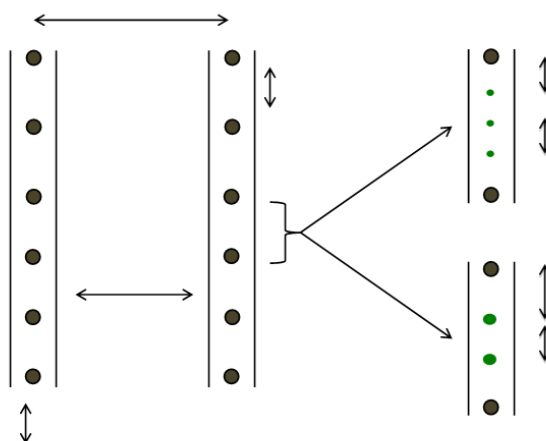
Préciser les difficultés éventuelles liées à la présence des arbres :

Matériel utilisé (préciser la largeur) :

Commentaires

3. Schémas des dispositifs (carte ou plan joint au document)

Agroforesterie intra-parcellaire (indiquer les distances et mesures en mètre : les points noirs représentent des arbres et les points verts des arbres ou arbustes intercalés entre les arbres d'avenir)



Haies

Haut jet – cèpée – arbuste

EVALUATION DU COUT DE MISE EN PLACE ET D'ENTRETIEN DES PARCELLES

Nom Parcelle :			
	CU	Projet	Invest./arbre
Nombre d'hectares			
Sous-solage et préparation du sol			
Piquetage			
Total opération			
Plants			
Densité par hectare			
Essence 1			
Essence 2			
Essence 3			
Essence 4			
Prix unitaire moyen			
Total			
Protection mégafaune sauvage			
Paillage			
Total protection			
Plantation			
Pose protection			
Total plantation			
Frais de dossier par projet/ha			
Suivi des plantations			
Coût journée			
Coût par arbre/ha			
Total du projet sur 5 ans			
Total par ha/an			
Total investissement par ha			
Total investissement par arbre			
Total investissement pour l'exploitation		€	
Total ha plantés pour l'exploitation xxx ha soit xxx arbres			
Budget total plantation	euros		
% demandé	xx %		
Total aide demandée	€		
soit	€	par arbre	

Selon le nombre de projets, on gagnera à centraliser les achats de plants auprès de pépiniéristes reconnus afin de bénéficier de meilleures conditions économiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, Construire et mettre en œuvre un Plan Climat-Energie Territorial : Guide méthodologique, 2009, <http://www.pcet-ademe.fr/sites/default/files/Le%20guide%20pcet.pdf>
- ADEME, Agriculture, sylviculture, espaces verts et biodiversité, 2010, <http://www.pcet-ademe.fr/domaines-actions/agriculture/contexte-et-enjeux>
- ADEME, La filière régionale bois énergie en Languedoc-Roussillon, Septembre 2013, <http://www3.ademe.fr/languedoc-roussillon/docs/la%20filière%20Bois%20Energie%20LanguedocRoussillon%20web.pdf>
- ARROUAYS D., BALESSENT J., GERMON J.C., JAYET P.A., SOUSSANA J.F., STENGEL P., Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?, Expertise Scientifique Collective INRA, 2002, 334p.
- BALESSENT J., ARROUAYS D., CHENU C., FELLER C., Stockage et recyclage du carbone, in GIRARD M.C., WALTER C., REMY J.C., BERTHELIN J., MOREL J.L., Sols et Environnement, Ed. Dunod, 816 p., 2005, chapitre 10 p. 238-259
- BAUDRY, J., BUNCE, R.G.H., et al., Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management. Journal of Environmental Management 60 (1), 2000, p. 7–22
- BAUMOL W.J, OATES W.E., The Theory of Environmental Policy, Prentice Hall New York, 1975
- CARDINAEL R., Potentiel de développement de l'agroforesterie en Languedoc-Roussillon : Etude de cas sur les territoires concernés par des Plans Climat Energie Territoriaux, Mémoire de fin d'études, 2011, 108 p.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS B., SALLES J-M., BIELSA S., RICHARD D., MARTIN G., PUJOL J-L, Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes – Contribution à la décision publique, 2009, 378 p.
- DUPRAZ C. et LIAGRE F., Agroforesterie : Des arbres et des cultures, Editions France Agricole 2^{ème} édition, 2011, 432 p.
- FAO 2009, Food security and Agricultural Mitigation in Developing countries: Options for capturing synergies. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, November 2009, 84 p.
- FOLLAIN S., WALTER C., LEGOUT A., LEMERCIER B., DUTIN G., Induced effects of hedgerow networks on soil organic carbon storage within an agricultural landscape, Geoderma 142, 2007, p. 80–95
- GARDETTE Y-M. and LOCATELLI B., Les marchés du carbone forestier. Comment un projet forestier peut-il vendre des crédits carbone ? ONF International, CIRAD, 2007, 72 p.
- GAVALAND A. and BURNEL L., Croissance et biomasse aérienne de noyers noirs, Chambres d'agriculture n° 945, 2005, p. 20-21
- GIEC, Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 2007, 103p.
- GORDON AM, NARESH RPF and THEVATHASN V, How much carbon can be stored in Canadian agro-ecosystems using a silvopastoral approach? In: Mosquera-Losada MR, MCADAM JH and RIGUERIO-RODRIGUEZ A. Silvopastoralism and Sustainable Land Management, CABI Publishing, Wallingford UK, 2005, p. 210-218.
- HAILE S. G., NAIR R. P. K., NAIR V. D., Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems, Journal of Environmental Quality, 37, 2008, p. 1789–1797
- HAMONT X., DUPRAZ C., LIAGRE F., L'agroforesterie : Outil de séquestration du carbone en agriculture, 2009, 18 p. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/L_agroforesterie_Outil_de_Sequestration_du_Carbone_en_Agriculture_version_15_Odpi.pdf
- INRA, Projections des émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020, Rapport final, 2008, 202 p.
- IPCC, Land use, land-use change and forestry (LULUCF). Watson, R.T. et al., Cambridge University Press, 2000, 375 p.
- LECOCQ, F., Les marchés carbone dans le monde. Revue d'économie financière, 2006, 83 p.
- LEPAGE C., Changement climatique : Parlons clair !, Actu-Environnement, Septembre 2009
- LIAGRE F., Les Haies Rurales, Editions France Agricole, 2006, 320 p.
- MEED, Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, 2007 <http://www.ecologie.gouv.fr/Inventaire-national-2007.html>

- MONBIOT G., Climat : Ne pas baisser les bras, The Guardian (Londres), Courrier International, Hors-série, Septembre-Octobre-Novembre 2009
- MONTAGNINI F. and NAIR P. K. R., Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems, *Agroforestry Systems*, 61, 2004, p. 281–295
- MULIA R., DUPRAZ C., Unusual fine root distributions of two deciduous tree species observed in Southern France: what consequences for root dynamics modelling?, *Plant and Soil* 281, 2005, p. 71–85
- NAIR P.K.R., KUMAR B.M., NAIR V.D., Agroforestry as a strategy for carbon sequestration, *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 172, 2009a, p. 10–23.
- NAIR P.K.R., NAIR V. D., KUMAR B.M., HAILE Solomon G., 2009b. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science and Policy*, in press.
- NATIONS UNIES – Conseil Economique et Social, La forêt et le changement climatique. Forum des Nations Unies sur les forêts, Huitième session. New York, 20 avril-1^{er} mai 2009, 19 p.
- OELBERMANN M., VORONEY R.P., GORDON A.M., Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104, 2004, p. 359–377
- PEICHL M., THEVATHASAN N. V., GORDON A. M., HUSS J., ABOHASSAN R. A., Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada, *Agroforestry Systems*, 66, 2006, p. 243–257
- REISNER Y., DE FILIPPI R., HERZOG F., PALMA J., Target regions for silvoarable agroforestry in Europe, *Ecological Engineering*, 29, 2007, p. 401–418
- SCHROEDER, P. Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 27, 1994, p. 89–97
- SHARROW S.H., and ISMAIL S., Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, 60, 2004, p. 123–130
- TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIEES, Metz, n° 54, 2009, 35 p.
- THEVATHASAN N.V. and GORDON A.M., Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, 61, 2004, p. 257–268
- WALTER C., MEROT P., LAYER B. & DUTIN G., The effect of hedgerows on soil organic carbon storage in hillslopes. *Soil Use and Management*, 19, 2003, p. 201–207
- WINEBRAKE J.J., FARRELL A.E., BERNSTEIN M.A., The clean air act's sulfur dioxide emissions market: Estimating the costs of regulatory and legislative intervention. *Resource and Energy Economics*, 17 (3), 1995, p. 239–260

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

“

L'agroforesterie est une technique de production agro-écologique associant des arbres avec des cultures ou des pâturages. Différents mécanismes d'interactions aériennes et pédologiques conduisent à une symbiose entre l'arbre et la production agricole, propice au stockage de carbone dans la biomasse et dans le sol.

En sus de cette compensation des émissions de gaz à effet de serre, des bénéfices sont également escomptés sur le plan de l'adaptation très locale au changement climatique en cours.

Cette pratique doit donc trouver sa place dans la panoplie des outils disponibles pour rendre opérationnelles les politiques publiques inscrites dans les plans climat énergie territoire.

En vue de rassembler des éléments d'information et de sensibilisation des acteurs des PCET sur les potentialités de l'agroforesterie, une convention d'étude a été passée avec la Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon qui a débouché sur la rédaction de trois publications complémentaires :

- *L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET*
Etude de cas sur deux territoires de PCET en Languedoc-Roussillon,
- *L'agroforesterie : un outil d'aménagement du territoire*
Application au Languedoc-Roussillon,
- *L'agroforesterie : un outil « carbone » pour les PCET*
Mettre en place une démarche d'agroforesterie sur le territoire d'un PCET.

Ce dernier fascicule détaille les différences étapes successives d'une méthode d'évaluation du potentiel « carbone » de l'agroforesterie et de diffusion opérationnelle de cette pratique à l'échelle d'un territoire de PCET. Il s'adresse plus particulièrement aux chargés de mission correspondant.

”



Réf. 8513

ADEME - Direction Régionale Languedoc-Roussillon
119 avenue Jacques Cartier - CS 29011
34 965 Montpellier cedex 2

Contact : pierre.vignaud@ademe.fr

www.languedoc-roussillon.ademe.fr

